

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра автомобильных дорог и городских сооружений

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.В. Серватинский
«___» _____ 2016г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»
08.03.01.00.15 «Автомобильные дороги»

Проект участка автомобильной дороги проходящей по снегозаносимым
участкам

Руководитель	_____	<u>доцент, канд. техн. наук</u>	<u>Е.Ю. Янаев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Выпускник	_____	<u>С.В.Счастливцев</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролер	_____	<u>Т.А.Федорова</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Природные условия района проектирования.....	4
1.1 Климат.....	4
1.2 Рельеф.....	6
1.3 Растительность и почвы.....	6
1.4 Инженерно-геологические условия.....	7
1.5 Гидрологические условия.....	7
1.6 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов.....	7
2 Обоснование технических нормативов дороги.....	8
2.1 Определение категории дороги.....	8
2.2 Основные технические показатели автомобильной дороги.....	10
3 Проектирование вариантов трассы.....	14
3.1 Описание трассы по воздушной линии.....	15
3.2 Описание первого варианта трассы.....	15
3.3 Описание второго варианта трассы.....	21
4 Дорожная одежда.....	24
5 Комплексная оценка безопасности.....	33
5.1 Расчет скоростей движения.....	33
5.2 Оценка трассы дороги по графику коэффициентов безопасности.....	37
5.3 Оценка трассы дороги по графику коэффициентов аварийности.....	37
5.4 Оценка пропускной способности дороги.....	43
6 Сравнение вариантов трассы.....	46
7 Продольный профиль для выбранного варианта трассы.....	49
8 Поперечные профили земляного полотна.....	52
9 Вариантное проектирование мероприятий по защите автомобильной дороги от снежных заносов.....	56
9.1 Расчет снегопереноса.....	57
9.2 Сооружения защиты дорог от снежных заносов.....	57
9.3 Очистка дорог от снега.....	66
9.4 Борьба с зимней скользкостью.....	68
Заключение.....	70
Список использованной литературы.....	71
Приложения А-Б.....	72-80

ВВЕДЕНИЕ

Зимний период на территории России имеет большую продолжительность и характеризуется суровыми природно-климатическими условиями. В сочетании с ветровым режимом и рельефом местности возникают опасные природные процессы и явления: метели, гололедица, образование наледей, туманы. При снегопадах и метелях по мере накопления снега на покрытии скорость автомобиля сначала снижается, а затем движение прекращается.

Снегозаносимость дороги—подверженность дороги снежным заносам. На степень заносимости влияют: местные природные условия, особенности проложения дороги (рельеф, растительность, поперечный профиль земляного полотна и т. д.). От заносимости дороги в значительной степени зависит трудность ее зимнего содержания.

Цель работы – запроектировать дорогу с учетом снегозаносимости, в соответствии с заданием на ВКР, в Кош-Агачском районе и разработать мероприятия по защите дороги от снежных заносов.

1 Природные условия района проектирования

1.1 Климат

Климатическая характеристика района проектирования приводится по данным метеорологической станции с. Кош-Агач и [2].

Дорожно-климатическая зона I_3 – зона распространения многолетнемерзлых грунтов. Включает в себя географические зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны. Характеризуется переувлажнением верхних слоев грунта.

Климат резко континентальный, с коротким жарким летом и длинной морозной зимой. Среднегодовая температура воздуха в долинах составляет $0...+5$ °С (теплее всего в Чемале), что является самой высокой температурой для Сибири. В горах среднегодовая температура воздуха опускается до -6 °С (село Кош-Агач). Кош-Агачский район приравнен к районам Крайнего Севера.

Таблица 1.1 – Ведомость климатических показателей

Показатель		Ед. изм.	Величина
Абсолютная температура воздуха	Мин.	°С	-55
	Макс.	°С	33
Средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью	0,98	°С	-44
	0,92	°С	-42
Преобладающее направление ветра за	Декабрь-февраль		В
	Июнь-август		3
Макс. из средних скоростей ветра по румбам за январь		м/с	1,5
Мин. из средних скоростей ветра по румбам за июль		м/с	0
Среднемесячная относительная влажность воздуха наиболее	Холодного месяца	%	81
	Теплого месяца	%	60
Количество осадков за	Ноябрь-март	мм	15
	Апрель-октябрь	мм	108
Расчетная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%		м	0,48
Расчетная глубина промерзания грунтов		м	2,9

Таблица 1.2 – Повторяемость и средняя скорость ветра по румбам

Месяц	Январь								Июль							
Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость %	5	14	28	15	7	12	13	6	8	13	22	8	5	6	24	14
Средняя скорость м/с	1,6	1,7	1,5	1,7	1,7	2	4,1	3,9	4	3,4	2,5	2,4	2,7	3,5	4	4,1

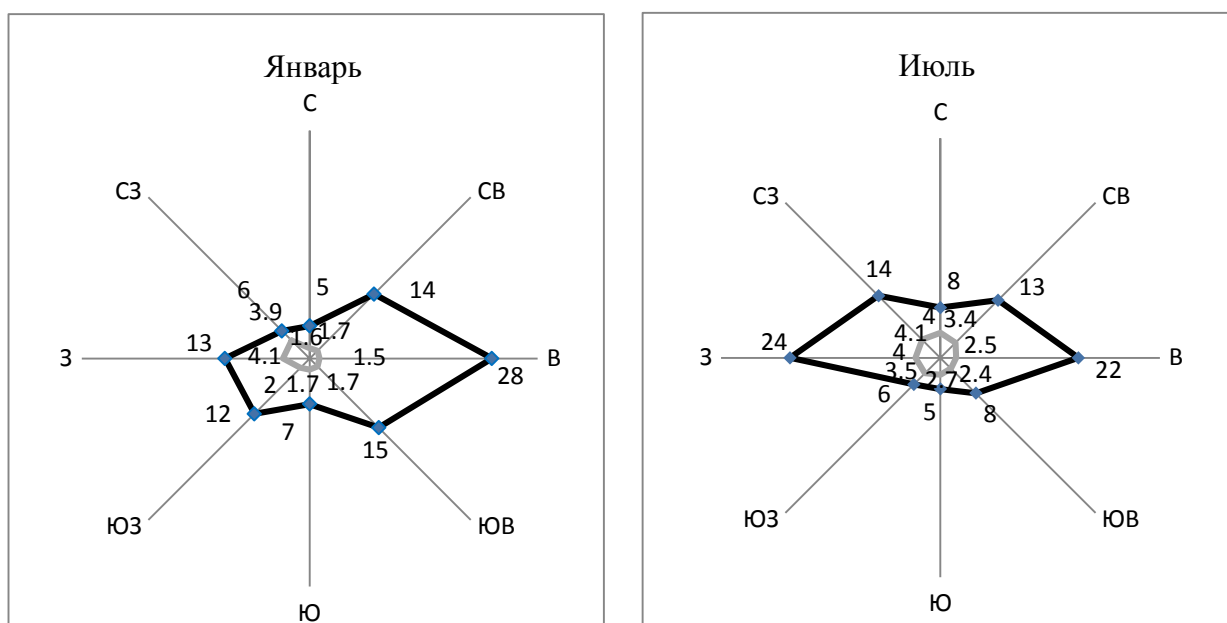


Рисунок 1.1 – Розы ветров; черным цветом – повторяемость, серым - скорость

Таблица 1.3 – Среднемесячная температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура	-22,8	-18,8	-9,2	2,3	9,5	14,2	15,5	13,3	7,9	0,2	-11,4	-19,9

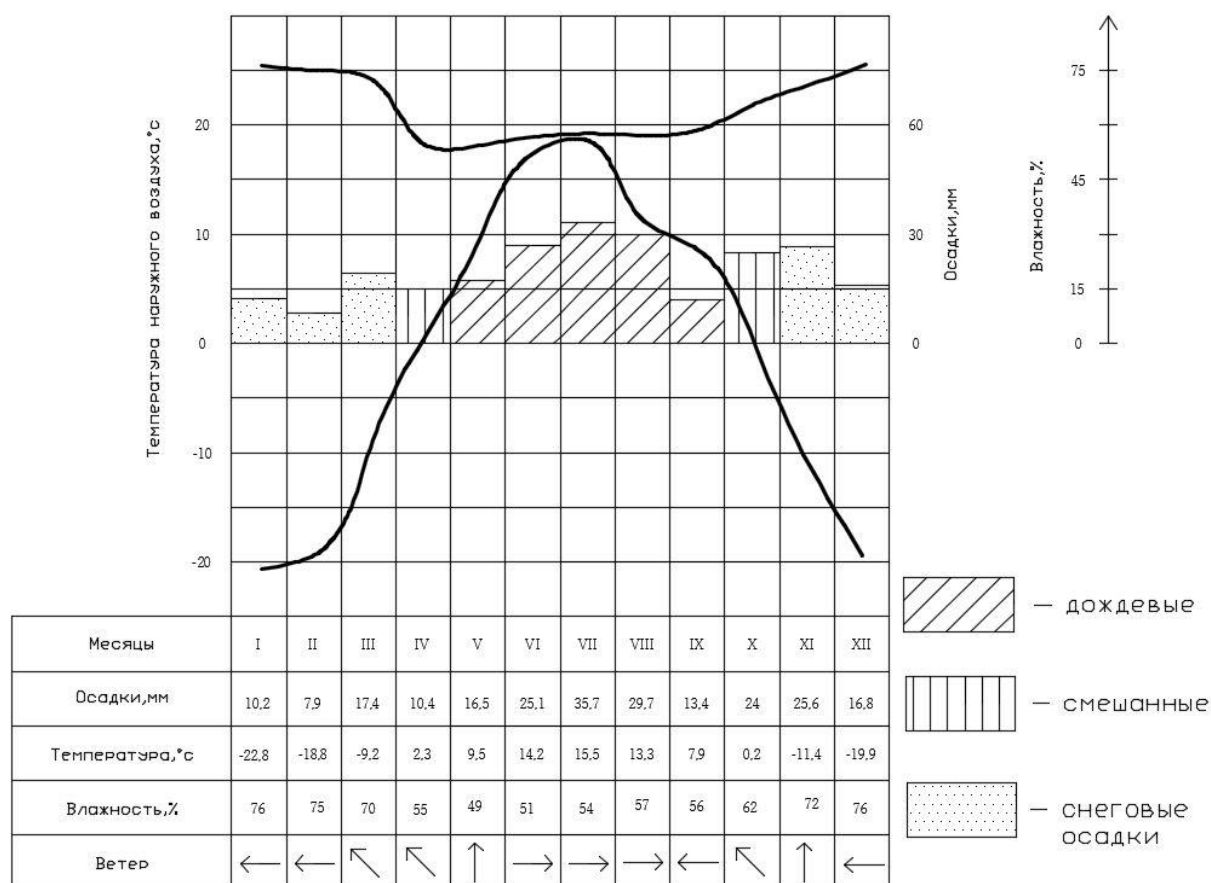


Рисунок 1.2 – Дорожный климатический график

1.2 Рельеф

Рельеф республики характеризуется высокими хребтами, разделенными узкими и глубокими речными долинами, редкими широкими межгорными котловинами. Самая высокая гора Белуха (другие названия: Кадын-Бажы, Уч-Сумер) (4506 м,) является высочайшей точкой Сибири.

1.3 Растительность и почвы

На территории Алтайской республики степь распространена изолированно между горными хребтами, покрытыми тайгой. На западных склонах Алтая они поднимаются до 500—700 м, а во внутренних районах гор заходят по долинам рек и межгорным котловинам до высоты 1000—1500 м. Под степями формируются в различных условиях рельефа, тепла и влаги черноземы и каштановые почвы; В предгорьях северо-западного и северного Алтая — черноземы обыкновенные, а севернее, в предгорьях Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау, — черноземы выщелоченные. В засушливых предгорьях южного Алтая образуются каштановые и солонцеватые почвы. Для

межгорных котловин характерны черноземы выщелоченные, обыкновенные, южные и горные, а в наиболее сухих местах — горные каштановые. Горы покрыты преимущественно таежными елово-пихтовыми, а также лиственничными, лиственнично-кедровыми и сосновыми лесами. На наиболее увлажненных склонах запада и севера Алтая и Саян под кедрово-пихтово-осиновыми лесами (черновая тайга) образовались горные серые лесные почвы. На внутренних хребтах с более континентальным климатом под лиственничными и сосновыми лесами господствуют подзолистые, буротаетные кислые неоподзоленные почвы. В Саянской и Тувинской области, где значительно распространена многолетняя мерзлота, формируются мерзлотные почвы — таежные подбуры, которые часто встречаются к востоку от Енисея.

1.4 Инженерно-геологические условия

Горные породы представлены комплексами скальных вулканогенных образований и нескальных осадочных нецементированных грунтов, в составе которых по условиям залегания и инженерно-геологическим особенностям различают палеоген-неогеновые отложения, приуроченные главным образом к многочисленным межгорным впадинам, и четвертичные накопления, неравномерно распределённые на всех элементах рельефа.

1.5 Гидрологические условия

Гидрографическая сеть насчитывает более 20 тысяч водотоков с общей протяжённостью более 60 тыс. км. и около 7 тысяч озёр общей площадью более 600 км². Наиболее крупные реки: Катунь и Бия, которые, сливаясь, образуют реку Обь, одну из крупнейших рек Сибири. Самое большое озеро Телецкое (Алтын-Кёль) с площадью водного зеркала 230,8 км² и глубиной 325 метров.

1.6 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов

В Алтайском крае имеется множество компаний, занимающихся дорожно-строительными материалами, а также мест для их добычи.

2 Обоснование технических нормативов дороги

2.1 Определение категории дороги

Категория дороги - критерий, характеризующий значение автомобильной дороги в общей транспортной сети страны и определяемый интенсивностью движения на ней. В соответствии с категорией назначаются все технические параметры дороги. Ее назначают по расчетной интенсивности движения, измеряемой в приведенных к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед./сут), в обоих направлениях. Приведение потока транспортных средств к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, осуществляется с помощью специальных коэффициентов, приведенных в [1] табл. 4.2.

Расчетной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам:

$$N = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (2.1)$$

где $N_{\text{пр.исх}}$ - исходная интенсивность движения, прив.ед./сут.;

p – процент ежегодного прироста интенсивности, %;

t – перспективный период, годы.

Расчет приведенной интенсивности движения ведем в табличной форме, таблица 2.1.

Таблица 2.1 – Определение приведенной интенсивности движения

Состав транспортного потока	%	Исходная интенсивность, авт/сут	Коэффициент приведения	Приведенная интенсивность, прив.авт/сут
Лег. автомобили	45	312,3	1	312,3
Груз. авт. до 2т	25	173,5	1,3	225,55
Груз. авт. от 2т до 6т	18	124,92	1,4	174,888
Груз. авт. от 6т до 8т	7	48,58	1,6	77,728
Груз. авт. от 8т до 14т	3	20,82	1,8	37,476
Автопоезда до 12т	2	13,88	1,8	24,984
Автопоезда от 12т до 20т	0	0	2,2	0
Всего	100	694		852,926

По формуле 2.1:

$$N = 852,926 \cdot \left(1 + \frac{5,9}{100}\right)^{20} = 2684,297 \text{ прив. авт./сут.},$$

где $p = 5,9 \%$;

$t = 20$ лет.

В зависимости от полученного значения назначаем категорию дороги по [1] табл. 4.1.

Таблица 2.2 – Категория автомобильной дороги

Категория А/Д	Расчетная интенсивность, прив.ед./сут.
III	2000 - 6000

Расчетная скорость движения автомобилей принимается в зависимости от установленной категории дороги и рельефа местности по табл. 5.1 [1]. Расчетная скорость - наибольшая возможная (по условиям устойчивости и безопасности) скорость движения одиночного автомобиля при нормальных условиях погоды и сцепления шин автомобилей с поверхностью проезжей части, которой на наиболее неблагоприятных участках трассы соответствуют предельно допустимые значения элементов дороги.

Таблица 2.3 – Расчетные скорости дорог

Категория дороги	Расчетная скорость при различных формах рельефа, км/ч		
	основная	на пересеченной местности	в горной местности
III	100	80	50

2.2 Основные технические показатели автомобильной дороги

В качестве элементов трассы, определяющих план и продольный профиль, следует принимать прямые и кривые постоянной и переменной кривизны с линейной и нелинейной закономерностью ее изменения. При назначении элементов плана и продольного профиля в качестве основных параметров следует принимать:

продольные уклоны - не более 30 ‰;

радиусы кривизны:

для кривых в плане - не менее 3000 м,

для кривых в продольном профиле:

выпуклых - не менее 70000 м,

вогнутых - не менее 8000 м;

длины криволинейных участков продольного профиля:

непрерывно выпуклых - не менее 300 м,

непрерывно вогнутых - не менее 100 м.

Кривизну и ее изменение вдоль трассы назначают из условия плавного сопряжения элементов плана трассы и переломов проектной линии продольного профиля с учетом расчетной скорости, проектных решений по поперечному профилю покрытия проезжей части. При этом следует обеспечить:

для кривых в плане:

скорость нарастания центробежного ускорения - не более $1,2 \text{ м/с}^3$;

коэффициент поперечной силы для расчетных скоростей, км/ч:

100 – 0,12;

80 – 0,14;

50 – 0,19.

для кривых в профиле:

расстояние видимости для остановки автомобилей - не менее 450 м;

расстояние видимости встречного автомобиля - не менее 750 м;

центробежное ускорение не более $1,2 \text{ м/с}^3$.

Если по условиям местности не представляется возможным выполнить данные требования или выполнение их связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства дороги, при проектировании допускается снижать нормы на основе технико-экономического сопоставления вариантов. При этом предельно допустимые нормы надлежит принимать исходя из расчетных скоростей движения по категориям дорог, [1] таблица 5.3.

При назначении параметров элементов плана, продольного и поперечного профилей дорог по нормам, [1] таблица 5.3, проводят оценку проектных решений по показателям скорости, безопасности движения и пропускной способности, в том числе в неблагоприятные периоды года [листы 3, 4].

Таблица 2.4 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Категория дороги		III
Наибольший продольный уклон, при расчетной скорости, км/ч: - основной: 100 80 50 - в особо трудных условиях: 100 80 50	‰	50 60 80 70 80 100
Наименьшие радиусы кривых в плане, при продольном уклоне, ‰: - основные: 50 60 80 - в горной местности: 50 60 80	м	600 300 100 400 250 100
Наименьшие радиусы кривых в продольном профиле, при максимальном продольном уклоне, ‰: - выпуклых: 50 60 80		10000 5000 1500

Продолжение таблицы 2.4

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
<p>Наименьшие радиусы кривых в продольном профиле, при максимальном продольном уклоне, ‰:</p> <p>- вогнутых:</p> <p>основные:</p> <p>50</p> <p>60</p> <p>80</p> <p>в горной местности:</p> <p>50</p> <p>60</p> <p>80</p>	м	<p>3000</p> <p>2000</p> <p>1200</p> <p>1500</p> <p>1000</p> <p>400</p>
<p>Наименьшие расстояния видимости, при расчетной скорости, км/ч:</p> <p>- для остановки:</p> <p>100</p> <p>80</p> <p>50</p> <p>- для встречного автомобиля:</p> <p>100</p> <p>80</p> <p>50</p> <p>- при обгоне:</p> <p>100</p> <p>80</p> <p>50</p>		<p>200</p> <p>150</p> <p>75</p> <p>350</p> <p>250</p> <p>130</p> <p>700</p> <p>600</p> <p>400</p>
Число полос движения		2
Ширина земляного полотна	м	12
Ширина полосы движения		3,5
Ширина укрепленной полосы обочины		0,5
Ширина обочины:		
- основная		2,5
- на трудных участках		1
Поперечный уклон проезжей части	‰	15
Поперечный уклон обочин		40

Продолжение таблицы 2.4

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Предельная длина прямой в плане, на местности: - равнинной - пересеченной	м	2000-3500 1500-2000
Ширина укрепленной части обочины		1,5

3 Проектирование вариантов трассы

Современная автомобильная дорога должна обеспечивать удобное, безопасное и экономичное движение автомобильного транспорта и в то же время обладать высокими эстетическими качествами. Обеспечение указанных требований достигается применением при проектировании принципов ландшафтного проектирования и соблюдением рекомендуемых [1] технических нормативов для данной категории дороги. Перед тем как приступить к трассированию, необходимо тщательно изучить предлагаемую к заданию топографическую карту (масштаб, топографические знаки, характер рельефа местности, линейные, высотные и контурные препятствия и т.д.). Выбор направления трассы между заданными пунктами определяется категорией дороги, особенностью рельефа местности, гидрологическими и топографическими условиями. По возможности, выполняя различные рекомендации по трассированию, следует стремиться к сокращению длины дороги, т.е. к приближению ее к воздушной линии – прямой, соединяющей заданные пункты [3].

3.1 Описание трассы по воздушной линии

Длина трассы по воздушной линии 4016 м. Общее направление (румб) СВ 45° . На ПК 9+50 пересечение с существующей дорогой под углом 60° , на ПК24+94 под углом 80° . С ПК3+00 по ПК5+65 трасса проходит через елово-березовый лес, с ПК11+28 по ПК12+10 – березовый. На ПК5+78; ПК7+55; ПК22+05; ПК27+67 пересекает грунтовые дороги. На ПК28+77 пересекает лесную дорогу. На ПК15+29 трасса пересекает реку Беличка под углом 82° , на ПК23+90 реку Голубая под углом 90° , на ПК36+03 пересекает реку Каменка под углом 90° . С ПК15+29 по ПК21+40 трасса проходит по заболоченным землям.

Проектировать трассу по воздушной линии можно, но не целесообразно по причинам: объему работ по вырубке и перевозке леса; трудности и большие затраты при проектировании и строительстве в болотной местности. Пересечение с одной из существующих дорог под минимально допустимым углом (60°).

3.2 Описание первого варианта трассы

Первый вариант трассы на карте обозначен красным. Трасса проложена методом тангенсов и имеет 3 угла поворота. Длина трассы 4403 м.

Во всех случаях, когда смежные элементы плана трассы в месте их сопряжения отличаются по кривизне более чем $1/2000$, предусматривают их плавное сопряжение кривыми с переменной кривизной – переходными кривыми [1].

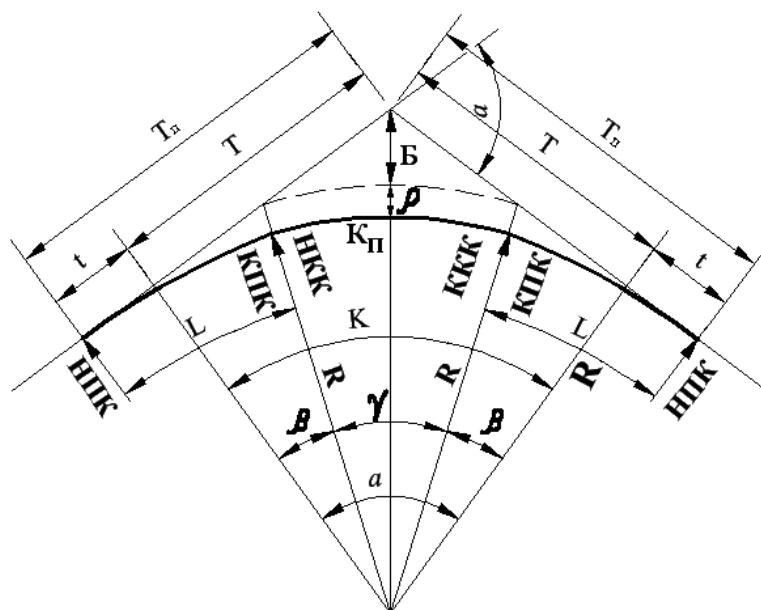


Рисунок 3.1 – Схема угла поворота с переходными кривыми

Минимальная длина переходной кривой:

$$L_{min} = \frac{v^3}{47 \cdot I_0 \cdot R}, \quad (3.1)$$

где I_0 - скорость нарастания центробежного ускорения.

Тангенс:

$$T = Rtg \frac{\alpha}{2}. \quad (3.2)$$

Длина кривой:

$$K = \frac{R\pi\alpha}{180}. \quad (3.3)$$

Биссектриса:

$$Б = \sqrt{T^2 + R^2} - R. \quad (3.4)$$

Домер:

$$Д = 2T - K. \quad (3.5)$$

$$T_{полн} = T + t. \quad (3.6)$$

$$K_{полн} = K + L. \quad (3.7)$$

$$Б_{полн} = Б + p. \quad (3.8)$$

$$D_{полн} = 2T_{полн} - K_{полн}. \quad (3.9)$$

$$K_0 = K_{полн} - 2L. \quad (3.10)$$

$$t = L - R \sin \beta_l. \quad (3.11)$$

$$p = \frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3}. \quad (3.12)$$

$$\beta_l = \frac{180L}{2\pi R}. \quad (3.13)$$

$$ПК НЗ = ПК ВУ - T_{полн}. \quad (3.14)$$

$$ПК НКК = ПК НЗ + L. \quad (3.15)$$

$$ПК КЗ = ПК НЗ + K_{полн}. \quad (3.16)$$

$$ПК ККК = ПК КЗ - L. \quad (3.17)$$

Проверка:

$$ПК ККК - ПК НКК = K_0. \quad (3.18)$$

Угол поворота ВУ-1 был принят с целью пересечения трассы с существующей дорогой и рекой Беличка под прямым углом, а также обхода территории леса.

Угол поворота ВУ-1 на ПК6+90 ($\alpha = 74^\circ$) по формулам 3.1 – 3.18:

$$R = 600 \text{ м};$$

$$L_{min} = \frac{100^3}{47 \cdot 1,2 \cdot 600} = 29,55 \text{ м};$$

$$L = 120 \text{ м};$$

$$T = 600 \cdot tg \frac{74}{2} = 451,82 \text{ м};$$

$$K = \frac{600 \cdot 3,14 \cdot 74}{180} = 774,53 \text{ м};$$

$$Б = \sqrt{451,82^2 + 600^2} - 600 = 151,1 \text{ м};$$

$$Д = 2 \cdot 451,82 - 774,53 = 129,12 \text{ м};$$

$$T_{полн} = 451,82 + 60,1 = 511,92 \text{ м};$$

$$K_{полн} = 774,53 + 120 = 894,53 \text{ м};$$

$$Б_{полн} = 151,1 + 1 = 152,1 \text{ м};$$

$$D_{полн} = 2 \cdot 511,92 - 894,53 = 129,31 \text{ м};$$

$$K_0 = 894,53 - 2 \cdot 120 = 654,53 \text{ м};$$

$$t = 120 - 600 \cdot \sin 5,73 = 60,1 \text{ м};$$

$$p = \frac{120^2}{24 \cdot 600} - \frac{120^4}{2688 \cdot 600^3} = 1 \text{ м};$$

$$\beta_l = \frac{180 \cdot 120}{2 \cdot 3,14 \cdot 600} = 5,73^\circ;$$

$$\text{ПК НЗ} = 178,58 \text{ м};$$

$$\text{ПК НКК} = 298,58 \text{ м};$$

$$\text{ПК КЗ} = 1073,11 \text{ м};$$

$$\text{ПК ККК} = 953,11 \text{ м}.$$

$$953,11 - 298,58 = 654,53 \text{ м}.$$

Угол поворота ВУ-2 был принят с целью обхода населенного пункта, пересечения реки Голубая под прямым углом и пересечения существующей дороги под близким к прямому углу.

Угол поворота ВУ-2 на ПК24+21 ($\alpha = 58^\circ$) по формулам 3.1 – 3.18:

$$R = 600 \text{ м};$$

$$L_{min} = \frac{100^3}{47 \cdot 1,2 \cdot 600} = 29,55 \text{ м};$$

$$L = 120 \text{ м};$$

$$T = 600 \cdot tg \frac{58}{2} = 332,38 \text{ м};$$

$$K = \frac{600 \cdot 3,14 \cdot 58}{180} = 607,07 \text{ м};$$

$$Б = \sqrt{332,38^2 + 600^2} - 600 = 85,91 \text{ м};$$

$$Д = 2 \cdot 332,38 - 607,07 = 57,7 \text{ м};$$

$$T_{полн} = 332,38 + 60,1 = 392,48 \text{ м};$$

$$K_{полн} = 607,07 + 120 = 727,07 \text{ м};$$

$$Б_{полн} = 85,91 + 1 = 86,91 \text{ м};$$

$$D_{полн} = 2 \cdot 392,48 - 727,07 = 57,9 \text{ м};$$

$$K_0 = 727,07 - 2 \cdot 120 = 487,07 \text{ м};$$

$$t = 120 - 600 \cdot \sin 5,73 = 60,1 \text{ м};$$

$$p = \frac{120^2}{24 \cdot 600} - \frac{120^4}{2688 \cdot 600^3} = 1 \text{ м};$$

$$\beta_l = \frac{180 \cdot 120}{2 \cdot 3,14 \cdot 600} = 5,73^\circ;$$

$$\text{ПК НЗ} = 2028,52 \text{ м};$$

$$\text{ПК НКК} = 2148,52 \text{ м};$$

$$\text{ПК КЗ} = 2755,58 \text{ м};$$

$$\text{ПК ККК} = 2635,58 \text{ м}.$$

$$2635,58 - 2148,52 = 487,07 \text{ м}.$$

Угол поворота ВУ-3 был принят с целью обхода трассой истока реки Каменка и прихода трассы к конечному пункту.

Угол поворота ВУ-3 на ПК33+00 ($\alpha = 16^\circ$) по формулам 3.1 – 3.18:

$$R = 600 \text{ м};$$

$$L_{min} = \frac{100^3}{47 \cdot 1,2 \cdot 600} = 29,55 \text{ м};$$

$$L = 120 \text{ м};$$

$$T = 600 \cdot tg \frac{16}{2} = 84,28 \text{ м};$$

$$K = \frac{600 \cdot 3,14 \cdot 16}{180} = 167,47 \text{ м};$$

$$Б = \sqrt{84,28^2 + 600^2} - 600 = 5,89 \text{ м};$$

$$Д = 2 \cdot 84,28 - 167,47 = 1,1 \text{ м};$$

$$T_{полн} = 84,28 + 60,1 = 144,38 \text{ м};$$

$$K_{полн} = 167,47 + 120 = 287,47 \text{ м};$$

$$Б_{полн} = 5,89 + 1 = 6,89 \text{ м};$$

$$D_{полн} = 2 \cdot 144,38 - 287,47 = 1,3 \text{ м};$$

$$K_0 = 287,47 - 2 \cdot 120 = 47,47 \text{ м};$$

$$t = 120 - 600 \cdot \sin 5,73 = 60,1 \text{ м};$$

$$p = \frac{120^2}{24 \cdot 600} - \frac{120^4}{2688 \cdot 600^3} = 1 \text{ м};$$

$$\beta_l = \frac{180 \cdot 120}{2 \cdot 3,14 \cdot 600} = 5,73^\circ;$$

$$\text{ПК НЗ} = 3155,62 \text{ м};$$

$$\text{ПК НКК} = 3275,62 \text{ м};$$

$$\text{ПК КЗ} = 3443,09 \text{ м};$$

$$\text{ПК ККК} = 3323,09 \text{ м}.$$

$$3323,09 - 3275,62 = 47,47 \text{ м}.$$

В результате проектирования должна выполняться проверки:

$$\sum_{n=1}^{N_{\text{прав}}} \alpha_{\text{прав},n} - \sum_{n=1}^{N_{\text{лев}}} \alpha_{\text{лев},n} = A_{\text{к}} - A_{\text{н}} ; \quad (3.19)$$

$$2 \sum_{n=1}^N T_{\text{полн},n} - \sum_{n=1}^N K_{\text{полн},n} = \sum_{n=1}^N D_{\text{полн},n} ; \quad (3.20)$$

$$\sum_{n=1}^N K_{\text{полн},n} + \sum_{n=1}^{N+1} \text{Пр}_n = L_{\text{тр}} . \quad (3.21)$$

По формуле 3.19:

$$A_{\text{н}} = 76^\circ ; A_{\text{к}} = 44^\circ ; \alpha_{\text{прав},1} = 58^\circ ; \alpha_{\text{лев},1} = 74^\circ ; \alpha_{\text{лев},2} = 16^\circ ;$$

$$58 - 74 + 16 = 44 - 76 ; -32 = -32 .$$

По формуле 3.20:

$$2 \cdot (511,92 + 392,48 + 144,38) - (894,53 + 727,07 + 287,47) = \\ = 129,31 + 57,9 + 1,3 ; 188,51 = 188,51 .$$

По формуле 3.21:

$$(894,53 + 727,07 + 287,47) + (178 + 955 + 400 + 961) = 4403 \text{ м} .$$

На ПК6+27, ПК8+74, ПК23+18, ПК26+25 трасса пересекает грунтовую дорогу, на ПК33+42 лесную дорогу, на ПК11+1 и ПК29+00 пересекает улучшенную грунтовую дорогу, на ПК16+50 пересекает реку Беличка, на ПК26+77 пересекает реку Голубая, с ПК33+68 по ПК35+13 пересекает сосново-березовый лес. С ПК26+59 по ПК27+32 проходит по заболоченной местности.

Вывод по снегозаносимости: Участков с ПК0+00 по ПК1+78 Румб СВ-76° и участок с ПК27+55 по ПК31+55 Румб СВ-60° являются снегонезаносимости, так как находятся, относительно направления господствующих ветров под углом не превышающем 30°. На протяжении оставшихся участков трасса является снегозаносимой.

3.3 Описание второго варианта трассы

Второй вариант трассы на карте показан синим. Трасса проложена методом тангенсов и имеет 2 угла поворота. Длина трассы 4288 м.

Угол поворота ВУ-1 был принят с целью пересечения трассы с существующей дорогой и рекой Беличка под прямым углом, а также обхода территории леса.

Угол поворота ВУ-1 на ПК5+55 ($\alpha = 43^\circ$) по формулам 3.1 – 3.18:

$$R = 700 \text{ м};$$

$$L_{min} = \frac{100^3}{47 \cdot 1,2 \cdot 700} = 25,33 \text{ м};$$

$$L = 120 \text{ м};$$

$$T = 700 \cdot tg \frac{43}{2} = 275,58 \text{ м};$$

$$K = \frac{700 \cdot 3,14 \cdot 43}{180} = 525,08 \text{ м};$$

$$Б = \sqrt{275,58^2 + 700^2} - 700 = 52,29 \text{ м};$$

$$Д = 2 \cdot 275,58 - 525,08 = 26,09 \text{ м};$$

$$T_{полн} = 275,58 + 60,07 = 335,66 \text{ м};$$

$$K_{полн} = 525,08 + 120 = 645,08 \text{ м};$$

$$Б_{полн} = 52,29 + 0,86 = 53,15 \text{ м};$$

$$D_{полн} = 2 \cdot 335,66 - 645,08 = 26,24 \text{ м};$$

$$K_0 = 645,08 - 2 \cdot 120 = 405,08 \text{ м};$$

$$t = 120 - 700 \cdot \sin 4,91 = 60,07 \text{ м};$$

$$p = \frac{120^2}{24 \cdot 700} - \frac{120^4}{2688 \cdot 700^3} = 0,86 \text{ м};$$

$$\beta_l = \frac{180 \cdot 120}{2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 4,91^\circ;$$

$$\text{ПК НЗ} = 217,34 \text{ м};$$

$$\text{ПК НКК} = 337,34 \text{ м};$$

$$\text{ПК КЗ} = 862,42 \text{ м};$$

$$\text{ПК ККК} = 742,42 \text{ м}.$$

$$742,42 - 337,34 = 405,08 \text{ м}.$$

Угол поворота ВУ-2 был принят с целью пересечения реки Голубая и существующей дороги под прямым углом, обхода заболоченной местности, обхода трассой истока реки Каменка и прихода трассы к конечному пункту.

Угол поворота ВУ-2 на ПК21+72 ($\alpha = 49^\circ$) по формулам 3.1 – 3.18:

$$R = 1000 \text{ м};$$

$$L_{min} = \frac{100^3}{47 \cdot 1,2 \cdot 700} = 25,33 \text{ м};$$

$$L = 100 \text{ м};$$

$$T = 1000 \cdot tg \frac{49}{2} = 455,46 \text{ м};$$

$$K = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 49}{180} = 854,78 \text{ м};$$

$$Б = \sqrt{455,46^2 + 1000} - 1000 = 98,84 \text{ м};$$

$$Д = 2 \cdot 455,46 - 854,78 = 56,15 \text{ м};$$

$$T_{полн} = 455,46 + 50,02 = 505,49 \text{ м};$$

$$K_{полн} = 854,78 + 100 = 954,78 \text{ м};$$

$$Б_{полн} = 98,84 + 0,42 = 99,26 \text{ м};$$

$$D_{полн} = 2 \cdot 505,49 - 954,78 = 56,19 \text{ м};$$

$$K_0 = 954,78 - 2 \cdot 100 = 754,78 \text{ м};$$

$$t = 100 - 1000 \cdot \sin 2,87 = 50,02 \text{ м};$$

$$p = \frac{100^2}{24 \cdot 1000} - \frac{100^4}{2688 \cdot 1000^3} = 0,42 \text{ м};$$

$$\beta_l = \frac{180 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000} = 2,87^\circ;$$

$$\text{ПК НЗ} = 1666,51 \text{ м};$$

$$\text{ПК НКК} = 1766,51 \text{ м};$$

$$\text{ПК КЗ} = 2621,29 \text{ м};$$

$$\text{ПК ККК} = 2521,29 \text{ м}.$$

$$2521,29 - 1766,51 = 754,78 \text{ м}.$$

Проверка трассы по формуле 3.19:

$$A_H = 48^\circ ; A_K = 54^\circ ; \alpha_{\text{прав},1} = 49^\circ ; \alpha_{\text{лев},1} = 43^\circ$$

$$49 - 43 = 54 - 48 ; 6 = 6 .$$

По формуле 3.20:

$$2 \cdot (335,66 + 505,49) - (645,08 + 954,78) = 26,24 + 56,19 ;$$

$$82,43 = 82,43 .$$

По формуле 3.21:

$$(645,08 + 954,78) + (217 + 804 + 1667) = 4287,86 \text{ м} .$$

С ПК3+00 по ПК5+65 трасса пересекает елово-березовый лес, на ПК5+87, ПК7+72, ПК15+33, ПК19+73, ПК21+39, ПК25+31 трасса пересекает грунтовую дорогу, на ПК33+53 пересекает лесную дорогу, на ПК8+82 и ПК27+76 пересекает улучшенную грунтовую дорогу, на ПК14+36 пересекает реку Беличка, на ПК25+95 пересекает реку Голубая, с ПК31+88 по ПК34+22 пересекает сосново-березовый лес.

Вывод по снегозаносимости: на всем своем протяжении трасса является снегозаносимой.

4 Дорожная одежда

Дорожная одежда – это инженерная многослойная конструкция, воспринимающая нагрузку от транспортных средств и передающая ее на грунтовое основание или подстилающий грунт. Нежесткая дорожная одежда – одежда, работающая как слоистая система бесконечных в плане размеров на грунтовом основании бесконечной или конечной толщины. К нежестким относят одежды со слоями из асфальто-дегтебетона, материалов укрепленных битумом, цементом, известью и другими вяжущими, а также из зернистых материалов (щебня, шлака, гравия) [6]. Расчет ведется по трем основным критериям: Расчет на упругий прогиб всей конструкции дорожной одежды, по допускаемому упругому прогибу; расчет монолитных слоев содержащих органическое вяжущее, на растяжение при изгибе; расчет дорожных одежд на активное сопротивление сдвигу в несвязном слое одежды или несвязном грунте, подстилающем дорожную одежду.

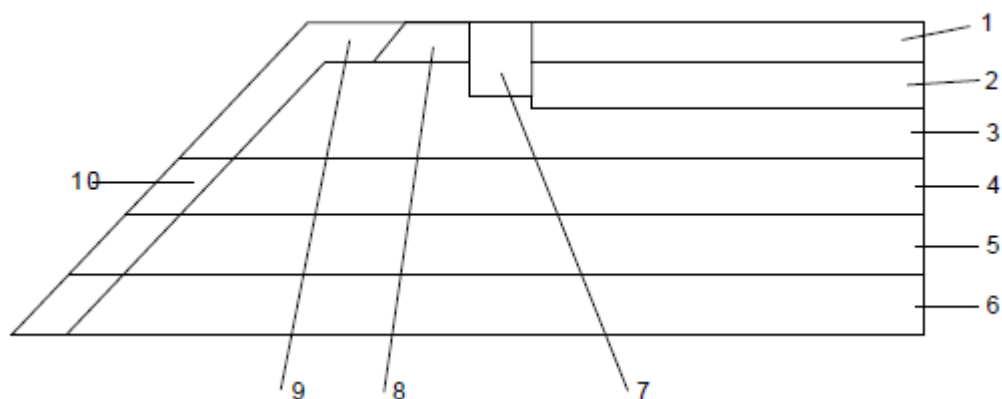


Рисунок 4.1 - Конструктивная схема нежесткой дорожной одежды;

1 – верхний слой покрытия; 2 – нижний слой покрытия; 3 – верхний слой основания; 4 – нижний слой основания; 5 – дополнительный слой основания; 6 – земляное полотно; 7 – краевая укрепительная полоса; 8 – укрепительная часть обочины; 9 – неукрепленная часть обочины; 10 – откос

Расчет по критерию упругого прогиба:

1. Назначаем тип покрытия с учетом категории дороги: капитальное покрытие нежесткого типа.

2. Определяем приведенную интенсивность движения:

$$N_{\text{прив}} = f_{\text{пол}} \sum_1^n K_i N_i, \text{ авт/сут}, \quad (4.1)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент полосности (табл. 3.2 [7]);

K_i – коэффициент приведения к расчетной нагрузке (табл. П.1.3 [7]);

n – количество типов автомобилей;

N_i – интенсивность движения i -й марки.

Расчет интенсивности приведенной к нагрузке ведем в табличной форме – таблица 4.1, $f_{\text{пол}} = 0,55$.

Таблица 4.1 – Определение приведенной интенсивности

Типы автомобилей	Состав движения %	Интенсивность, авт/сут	Коэффициент приведения к нагрузке	Приведенная интенсивность
легковые	45	1207,93	0	0
грузовые до 2т	25	671,07	0,005	3,36
2-6	18	483,17	0,2	96,63
6-8	7	187,90	0,7	131,53
8-14	3	80,53	1,25	100,66
автопоезда до 12т	2	53,68	1,5	80,53
ВСЕГО	100	2684,297		412,71

По формуле 4.1:

$$N_{\text{прив}} = 0,55 \cdot 412,71 = 226,99, \text{ авт/сут.}$$

3. Находим суммарное число приложений расчетной нагрузки:

$$\sum N_p = 0,7 N_{\text{прив}} \frac{K_c}{q^{T_{\text{сл}}-1}} T_{\text{рдг}} K_{\text{п}}, \text{ авт}, \quad (4.2)$$

где K_c – коэффициент суммирования равный:

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}-1}}{q-1}, \quad (4.3)$$

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам (табл. П.6.3 [7]);

$T_{\text{сл}}$ – расчетный срок службы (табл. П.6.3 [7]);

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число дней в году (табл. П.6.1 [7]);

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий вероятностные отклонения суммарного движения от ожидаемого (табл. 3.3 [7]).

По формуле 4.2 и 4.3:

$$K_c = \frac{1,06^{15} - 1}{1,06 - 1} = 23,2 ;$$

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot 226,99 \cdot \frac{23,2}{1,06^{15}} \cdot 150 \cdot 1,38 = 318401,508 \text{ авт.}$$

4. Находим минимальный требуемый общий модуль упругости:

$$E_{\text{тр min}} = 98,65[(\lg \Sigma N_p) - C] , \quad (4.4)$$

где C – эмпирический параметр, для расчетной нагрузки.

По формуле 4.4:

$$E_{\text{тр min}} = 98,65 \cdot (\lg 318401,508 - 3,25) = 221,96 \text{ МПа.}$$

5. Назначаем минимальные толщины слоев покрытия, основания, дополнительных слоев, руководствуясь рекомендациями [1].

6. Назначаем модули упругости материалов.

При расчете на упругий прогиб модули упругости слоев с органическими вяжущими назначают с учетом температуры, а именно, при температуре $t = +10^\circ\text{C}$, во всех климатических зонах. (П.3.1, П.3.2, П.3.3, П.3.4, П.3.5 [7]).

7. Модули упругости грунтов, значения нормативных и расчетных, прочностных и деформационных характеристик, конструктивных слоев из различных дорожно-строительных материалов, следует принимать по табл. П.2.4, П.2.5, П.2.6 [7].

Таблица 4.2 – Конструкция д.о. и расчетные параметры для расчета упругого прогиба

Материал	h слоя, см	Е, МПа при расчете по допускаемому упр. прогибу
Мелкозернистый плотный асфальтобетон М 1 тип А на БНД 60/90	5	3200
Мелкозернистый пористый асфальтобетон М 2 60/90	10	2000
Щебеночно-гравийная песчаная смесь С ₃	30	280
Песок гравелистый		120

8. Проверяем выполнение неравенства:

$$E_{\text{общ}} \geq E_{\text{тр}} K_{\text{пр}} , \quad (4.5)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прочности (табл. 3.1 [7]).

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно, начиная с подстилающего слоя. Нормативная осевая нагрузка принимается при капитальной дорожной одежде 115 кН; $p = 0,6$ МПа, $D = 39$ см :

$$1) \frac{E^{\text{пр}}}{E^{\text{ЩГПС}}} = \frac{120}{280} = 0,428 ; \frac{h^{\text{ЩГПС}}}{D} = \frac{30}{39} = 0,769 ;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{ЩГПС}}}{E^{\text{ЩГПС}}} = 0,66 \text{ (рис 3.1 [7])} ;$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{ЩГПС}} = 280 * 0,66 = 184,8 \text{ МПа} .$$

$$2) \frac{E_{\text{общ}}^{\text{ЩГПС}}}{E^{\text{М2}}} = \frac{184,8}{2000} = 0,09 ; \frac{h^{\text{М2}}}{D} = \frac{10}{39} = 0,256 ;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{М2}}}{E^{\text{М2}}} = 0,13 \text{ (рис 3.1 [7])};$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{М2}} = 2000 * 0,13 = 260 \text{ МПа} .$$

$$3) \frac{E_{\text{общ}}^{\text{М2}}}{E^{\text{М1}}} = \frac{260}{3200} = 0,08125 ; \frac{h^{\text{М1}}}{D} = \frac{5}{39} = 0,128 ;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{М1}}}{E^{\text{М1}}} = 0,08 \text{ (рис 3.1 [7])};$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{М1}} = 3200 * 0,08 = 256 \text{ МПа} .$$

По формуле 4.5:

$$1,1 \leq \frac{256}{221,96} = 1,15 .$$

Требуемый минимальный коэффициент $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,1$ при уровне надежности 0,9. Данная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

Расчет на растяжение при изгибе:

При расчете на активное сопротивление сдвигу в несвязных слоях дорожных одежд, модули упругости при

нимают для температуры $t = +20^{\circ}\text{C}$, для I и II климатической зоны.

Таблица 4.3 – Конструкция д.о. и расчетные параметры для расчета растяжения при изгибе

Материал	h слоя, см	Расчет на растяжение при изгибе			
		E, МПа	R ₀ , МПа	α	m
Мелкозернистый плотный асфальтобетон М 1 тип А на БНД 60/90	5	4500	9,8	5,2	5,5
Мелкозернистый пористый асфальтобетон М 2 60/90	10	2800	8	5,9	4,3
Щебеночно-гравийная песчаная смесь С ₃	30	280			
Песок гравелистый		120			

1) Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой – часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, т. е. щебеночный и песчаный слои основания и грунт рабочего слоя.

$$E_H = E_{\text{общ}}^{\text{ЩГПС}} = 184,8 \text{ МПа}.$$

Определяем средний модуль упругости монолитных слоев покрытия:

$$E_{\text{ср}} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2}{h_1 + h_2}, \quad (4.6)$$

По формуле 4.6:

$$E_B = \frac{4500 \cdot 5 + 2800 \cdot 10}{5 + 10} = 3367 \text{ МПа}.$$

2) Находим отношения:

$$\frac{h_1 + h_2}{D} = \frac{5 + 10}{39} = 0,38; \quad \frac{E_B}{E_H} = \frac{3367}{184,8} = 18,22$$

По рис. 3.4 [7] определяем $\overline{\sigma}_r = 2,2$ - растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку.

4) Находим наибольшее растягивающее напряжение при изгибе в рассматриваемом расчетном слое:

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot p \cdot K_B, \quad (4.7)$$

где p – расчетное давление (табл. П.1.1 [7]);

K_B - коэффициент учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под спаренным колесом. $K_B = 0,85$ - для спаренных баллонов; $K_B = 1$ – однобаллонное.

По формуле 4.7:

$$\sigma_r = 2,2 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1,122 \text{ Мпа} .$$

5) Определяем допускаемую прочность:

$$R_N = R_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (1 - v_R \cdot t) , \quad (4.8)$$

где R_0 – нормальное значение предельного сопротивления растяжения при изгибе для расчетной низкой весенней температуры при однократном приложении нагрузки (табл. П.3.1 [7]);

K_1 - коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки:

$$K_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}} , \quad (4.9)$$

α – коэффициент учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах (П.3.1 [7]);

m – показатель степени, зависящей от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (табл.П.3.1 [7]);

K_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности под воздействием погодно-климатических факторов (табл. 3.6 [7]);

v_R – коэффициент вариации прочности на растяжение (П.4.1 [7]);

t – коэффициент нормированного отклонения (табл. П.4.2 [7]).

По формуле 4.8 и 4.9:

$$K_1 = \frac{5,9}{\sqrt[4,3]{318401,508}} = 0,31 ;$$

$$R_N = 8 \cdot 0,31 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,32) = 1,722 \text{ МПа} .$$

6) Проверяем условие:

$$R_N > K_{пр} \cdot \sigma_r , \quad (4.10)$$

где $K_{пр}$ - требуемый коэффициент прочности (табл. 3.1 [7]).

По формуле 4.10:

$$1,722 > 0,94 \cdot 1,122 ; 1,722 > 1,054 .$$

Данная конструкция удовлетворяет условию прочности при изгибе.

Расчет на сопротивление сдвигу:

Проводят в несвязном слое дорожной одежды или несвязном грунте, подстилающем всю дорожную одежду. Проводим для несвязного грунта, подстилающего всю дорожную одежду.

Таблица 4.4 – Конструкция д.о. и расчетные параметры

Материал	h слоя, см	E, МПа при расчете по сдвигоустойчивости
Мелкозернистый плотный асфальтобетон М 1 тип А на БНД 60/90	5	1800
Мелкозернистый пористый асфальтобетон М 2 60/90	10	1200
Щебеночно-гравийная песчаная смесь С ₃	30	280
Песок гравелистый C _N = 0,003 МПа ; $\varphi = 28^\circ$		120

1) Определяем средний модуль упругости одежды:

$$E_{\text{тр}} = \frac{E_1 h_1 + \dots + E_n h_n}{h_1 + \dots + h_n} . \quad (4.11)$$

По формуле 4.11:

$$E_{\text{тр}} = \frac{1800 \cdot 5 + 1200 \cdot 10 + 280 \cdot 30}{5 + 10 + 30} = 653,33 \text{ МПа} .$$

2) Находим $\bar{\tau}_H$ по рис. 3.2 [7]:

$$\frac{\sum h_i}{D} = \frac{45}{39} = 1,15 ; \frac{E_B}{E_H} = \frac{653,33}{120} = 5,44$$

$$\bar{\tau}_H = 0,035 \text{ МПа} .$$

3) Определяем расчетное значение активного сопротивления сдвигу:

$$\tau_{\text{расч}} = \bar{\tau}_H p . \quad (4.12)$$

По формуле 4.12:

$$\tau_{\text{расч}} = 0,035 \cdot 0,6 = 0,021 \text{ МПа} .$$

4) Определяем предельное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя:

$$T_{\text{пр}} = K_q (C_N + 0,1 \gamma_{\text{ср}} Z_{\text{оп}} \operatorname{tg} \varphi_{\text{ст}}), \quad (4.13)$$

где C_N - сцепление в грунте;

K_q - коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания [7];

$\gamma_{\text{ср}}$ - средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³.

$Z_{\text{оп}}$ - глубина поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость от верха конструкции, см (равна толщине одежды).

По формуле 4.13:

$$T_{\text{пр}} = 4 \cdot (0,003 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 45 \cdot \operatorname{tg} 28) = 0,0311 \text{ МПа}.$$

5) Проверяем условие:

$$K_{\text{пр}}^{\text{сдвиг}} = \frac{T_{\text{пред}}}{\tau_{\text{рас}}} \geq 0,94, \quad (4.14)$$

где $K_{\text{пр}}$ - требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности (табл. 3.1 [7]).

По формуле 4.14:

$$\frac{0,0311}{0,021} = 1,48 \geq 0,94$$

Следовательно, условие по сдвигоустойчивости в песчаном слое основания выполнено.

Выбранная конструкция удовлетворяет всем критериям прочности. Проверку на морозоустойчивость не выполняем так как грунт земляного полотна – песок гравелистый, непучинистый грунт.

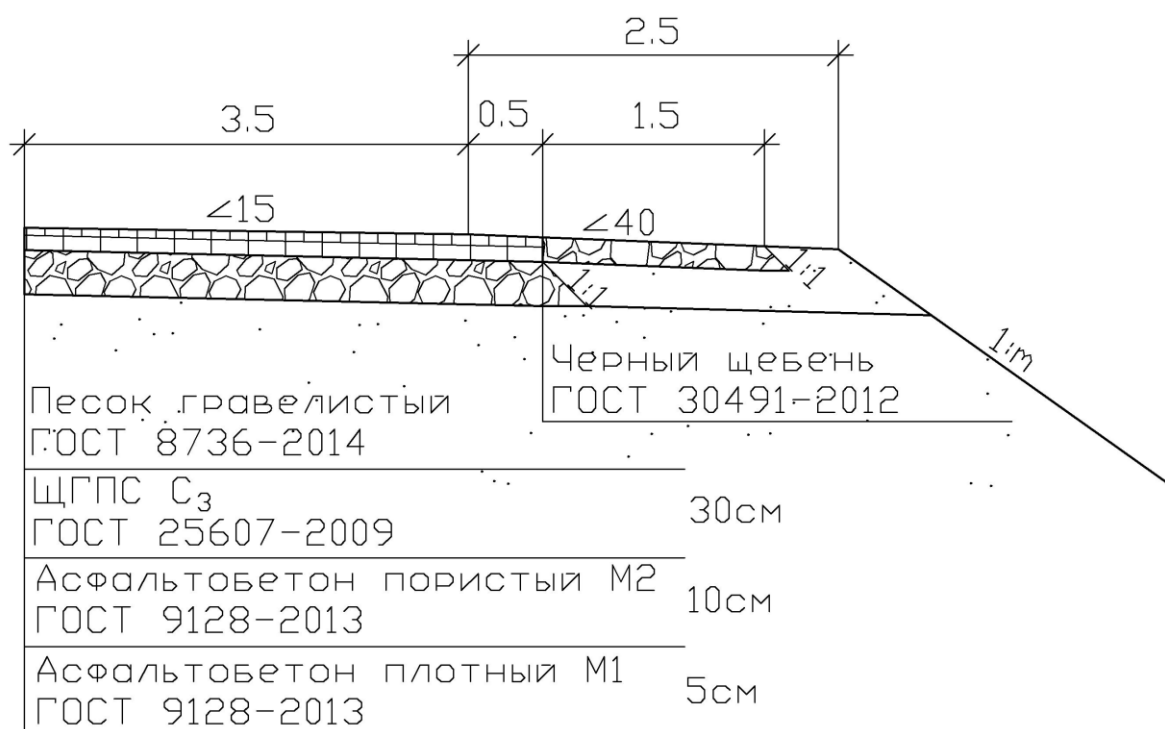


Рисунок 4.2 – Конструкция дорожной одежды

5 Комплексная оценка безопасности вариантов трассы

Современные дороги должны обеспечивать безопасность движения автомобилей на всем пути следования независимо от погоды и времени года. Однако внимательный анализ особенностей режимов движения автомобилей показывает, что на дорогах имеется много неудачных, опасных или трудных для движения мест, которые требуют от водителей повышенной внимательности, вызывают заторы и задержки.

Въезжая на опасные или трудные участки, неопытные или неосмотрительные водители, которые едут с высокой скоростью, не считаясь с особенностями расположенных впереди участков дороги, сталкиваются с необходимостью резкого торможения и часто попадают в аварийную ситуацию. Аналогичное положение может создаваться и у усталых водителей, имеющих замедленную реакцию.

Поэтому места значительного снижения скоростей транспортного потока всегда характеризуются повышенной вероятностью возникновения дорожно-транспортного происшествия. Устранение опасных мест на дороге улучшает ее транспортно-эксплуатационные качества [5].

Комплексную оценку проводим по сокращенным продольным профилям, построенным без вписывания вертикальных кривых. Ведомость отметок рельефа для трасс приложение А.

5.1 Расчет скоростей движения

Расчет ведем методом А.Е. Бельского. Расчет скоростей движения производят в следующем порядке:

1. Назначают исходные данные: расчетный автомобиль, расчетную скорость, передачу, тип покрытия.
2. На продольном профиле выделяют характерные участки: с нулевым уклоном, с вертикальными кривыми, участки подъемов и спусков с соответствующим уклоном.
3. Назначают начало координат.
4. Подсчитывают ординаты скоростей.
5. Определяют среднюю скорость движения.

Расчетное уравнение:

$$v = \sqrt{(v_0^2 - L)e^{-2nx} + L}, \quad (5.1)$$

где $L = \frac{1}{b} [a - G(f + i)]$, (5.2)

$$n = \frac{b \cdot g}{\delta \cdot G}, \quad (5.3)$$

g – ускорение свободного падения, м/с²;

G – вес груженного автомобиля, кг;

f – коэффициент сопротивления качению (табл.8 [5]);

a и b – параметры, характеризующие тип автомобиля и передачу (табл.2 [5]);

δ – коэффициент учета инерции вращающихся масс (табл.9 [5]).

Для каждого направления определяем среднетехническую скорость движения:

$$v_{\text{ср.пр}} = \frac{\omega_{\text{пр}}}{L_{\text{тр}}}; \quad v_{\text{ср.обр}} = \frac{\omega_{\text{обр}}}{L_{\text{тр}}}. \quad (5.4)$$

Среднетехническая скорость:

$$v_{\text{ср.тех}} = \frac{v_{\text{ср.пр}} + v_{\text{ср.обр}}}{2}. \quad (5.5)$$

Время на один рейс:

$$t = \frac{L}{v_{\text{ср.общ}}}. \quad (5.6)$$

Данные для расчета:

Автомобиль ГАЗ-24 “Волга”, $G = 1915$ кг.

Начальная скорость $v_0 = 100 \text{ км/ч} = 27,78 \text{ м/с}$ (расчетная для III – категории).

Так как трасса находится в условиях снегозаносимости, примем коэффициент сопротивления качению, $f = 0,025$ – снег укатанный.

Начало координат: для прямого направления НТ для обратного КТ.

Расчет выполняем в табличной форме используя формулы 5.1 – 5.3. Если скорость превышает конструктивную, ограничиваем ее расчетной.

Таблица 5.1 – Расчет скоростей для первого варианта трассы

i	$x,$ м	e^{-2nx}	L	Формула	v	
					м/с	км/ч
Прямое направление						
0,009	300	0,779	2262,53	$\sqrt{(27,78^2 - 2262,53) \cdot 0,779 + 2262,53}$	33,19	119,5→100
-0,013	550	0,632	2770,12	$\sqrt{(27,78^2 - 2770,12) \cdot 0,632 + 2770,12}$	38,82	139,7→100
0,003	450	0,687	2400,96	$\sqrt{(27,78^2 - 2400,96) \cdot 0,687 + 2400,96}$	35,79	128,9→100
-0,024	350	0,747	3023,92	$\sqrt{(27,78^2 - 3023,92) \cdot 0,747 + 3023,92}$	36,63	131,9→100
0,014	550	0,632	2147,12	$\sqrt{(27,78^2 - 2147,12) \cdot 0,632 + 2147,12}$	35,74	128,7→100
-0,026	477	0,672	3070,06	$\sqrt{(27,78^2 - 3070,06) \cdot 0,672 + 3070,06}$	39,06	140,6→100
0,024	423	0,703	1916,45	$\sqrt{(27,78^2 - 1916,45) \cdot 0,703 + 1916,45}$	33,34	120,0→100
0,026	365	0,738	1870,30	$\sqrt{(27,78^2 - 1870,30) \cdot 0,738 + 1870,30}$	32,56	117,2→100
0,021	330	0,759	1985,66	$\sqrt{(27,78^2 - 1985,66) \cdot 0,759 + 1985,66}$	32,61	117,4→100
-0,008	616	0,598	2654,76	$\sqrt{(27,78^2 - 2654,76) \cdot 0,598 + 2654,76}$	39,09	140,7→100
Обратное направление						
0,008	616	0,598	2677,83	$\sqrt{(27,78^2 - 2677,83) \cdot 0,598 + 2677,83}$	34,55	124,4→100
-0,021	330	0,759	2170,24	$\sqrt{(27,78^2 - 2170,24) \cdot 0,759 + 2170,24}$	35,86	129,1→100
-0,026	365	0,738	2539,39	$\sqrt{(27,78^2 - 2539,39) \cdot 0,738 + 2539,39}$	36,39	131,0→100
-0,025	423	0,703	1916,45	$\sqrt{(27,78^2 - 1916,45) \cdot 0,703 + 1916,45}$	32,58	117,3→100
0,026	477	0,672	2793,19	$\sqrt{(27,78^2 - 2793,19) \cdot 0,672 + 2793,19}$	38,92	140,1→100
-0,014	550	0,632	1870,30	$\sqrt{(27,78^2 - 1870,30) \cdot 0,632 + 1870,30}$	33,64	121,1→100
0,024	350	0,747	3023,92	$\sqrt{(27,78^2 - 3023,92) \cdot 0,747 + 3023,92}$	37,96	136,6→100
-0,003	450	0,687	3070,06	$\sqrt{(27,78^2 - 3070,06) \cdot 0,687 + 3070,06}$	37,07	133,5→100
0,013	550	0,632	2954,69	$\sqrt{(27,78^2 - 2954,69) \cdot 0,632 + 2954,69}$	36,01	127,6→100
-0,009	300	0,778	2285,60	$\sqrt{(27,78^2 - 2285,60) \cdot 0,778 + 2285,60}$	37,14	133,7→100

Скорость движения на первом варианте трассы, в прямом и обратном направлениях, одинакова и равна 100 км/ч.

По формулам 5.4 – 5.6

Среднетехническая скорость движения:

$$v_{\text{ср.пр}} = v_{\text{ср.обр}} = v_{\text{ср.тех}} = 100 \text{ км/ч}.$$

Время на один рейс:

$$t = \frac{4,403}{100} = 0,044 \text{ ч} = 2,64 \text{ мин}.$$

Таблица 5.2 – Расчет скоростей для второго варианта трассы

i	$x_{\text{м}}$	e^{-2nx}	L	Формула	v	
					м/с	км/ч
Прямое направление						
0,010	300	0,779	2239,46	$\sqrt{(27,78^2 - 2239,46) \cdot 0,779 + 2239,46}$	33,11	119,2→100
-0,005	582	0,616	2585,54	$\sqrt{(27,78^2 - 2585,54) \cdot 0,616 + 2585,54}$	38,33	138,0→100
-0,017	554	0,630	2862,41	$\sqrt{(27,78^2 - 2862,41) \cdot 0,630 + 2862,41}$	39,31	141,5→100
0,009	764	0,529	2262,53	$\sqrt{(27,78^2 - 2262,53) \cdot 0,529 + 2262,53}$	38,39	138,2→100
-0,037	420	0,705	3323,86	$\sqrt{(27,78^2 - 3323,86) \cdot 0,705 + 3323,86}$	39,06	140,6→100
0,035	780	0,522	1662,65	$\sqrt{(27,78^2 - 1662,65) \cdot 0,522 + 1662,65}$	34,61	124,6→100
0,005	460	0,681	2354,82	$\sqrt{(27,78^2 - 2354,82) \cdot 0,681 + 2354,82}$	35,72	128,6→100
-0,015	428	0,700	2816,27	$\sqrt{(27,78^2 - 2816,27) \cdot 0,700 + 2816,27}$	37,22	134,0→100
Обратное направление						
0,015	428	0,700	2124,10	$\sqrt{(27,78^2 - 2124,10) \cdot 0,700 + 2124,10}$	34,32	123,5→100
-0,005	460	0,681	2585,54	$\sqrt{(27,78^2 - 2585,54) \cdot 0,681 + 2585,54}$	36,73	132,2→100
-0,035	780	0,522	3277,71	$\sqrt{(27,78^2 - 3277,71) \cdot 0,522 + 3277,71}$	44,38	159,8→100
0,037	420	0,705	1616,51	$\sqrt{(27,78^2 - 1616,51) \cdot 0,705 + 1616,51}$	31,96	115,0→100
-0,009	764	0,529	2677,83	$\sqrt{(27,78^2 - 2677,83) \cdot 0,529 + 2677,83}$	40,86	147,1→100
0,017	554	0,630	2077,95	$\sqrt{(27,78^2 - 2077,95) \cdot 0,630 + 2077,95}$	35,42	127,5→100
0,005	582	0,616	2354,82	$\sqrt{(27,78^2 - 2354,82) \cdot 0,616 + 2354,82}$	37,15	133,7→100
-0,010	300	0,779	2700,90	$\sqrt{(27,78^2 - 2700,90) \cdot 0,779 + 2700,90}$	34,62	124,6→100

Скорость движения на втором варианте трассы, в прямом и обратном направлениях, одинакова и равна 100 км/ч.

По формулам 5.4 – 5.6

Среднетехническая скорость движения:

$$v_{\text{ср.пр}} = v_{\text{ср.обр}} = v_{\text{ср.тех}} = 100 \text{ км/ч}.$$

Время на один рейс:

$$t = \frac{4,288}{100} = 0,04288 \text{ ч} = 2,57 \text{ мин}.$$

5.2 Оценка трассы дороги по графику коэффициентов безопасности

Для оценки безопасности движения строят эпюры скоростей движения, и используя их строят графики коэффициентов безопасности:

$$K_{\text{без}} = \frac{V_{\min}}{V_{\max}}, \quad (5.7)$$

где - V_{\max} – максимально возможная скорость въезда на участок;

V_{\min} – минимальная скорость на участке.

Таблица 5.3 – Оценка участков движения

Коэффициент безопасности $K_{\text{без}}$	Характеристика условий движения на участке
0,4	Очень опасные
0,4-0,6	Опасные
0,6-0,8	Малоопасные
0,8	Практически неопасные

Вывод: исходя из пункта 5.1 и 5.2 на всем протяжении оба варианта трассы имеют $K_{\text{без}} = 1$ – практически неопасная.

5.3 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности

Для оценки условий движения используют метод сезонных графиков коэффициентов аварийности, позволяющий учитывать изменения условий движения на дороге. Сезонные графики коэффициентов аварийности строят отдельно для лета, зимы, переходного периода. Коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана, продольного и поперечного профилей (прил.3 [5]) :

$$K_{\text{ав.ит.}} = K_1 K_2 \cdot \dots \cdot K_{17}, \quad (5.8)$$

где K_1 – к. зависящий от интенсивности движения;

K_2 – к. зависящий от ширины проезжей части;

K_3 – к. зависящий от ширины обочины;

K_4 – к. зависящий от продольного уклона;

K_5 – к. зависящий от радиуса кривых в плане;

K_6 – к. зависящий от видимости в плане;

K_7 – к. зависящий от ширины проезжей части мостов;

K_8 – к. зависящий от длины прямых участков;

K_9 – к. зависящий от типа пересечения с примыкающей дорогой;
 K_{10} – к. зависящий от интенсивности движения на основной дороге на пересечении в одном уровне;
 K_{11} – к. зависящий от видимости пересечения в одном уровне;
 K_{12} – к. зависящий от числа полос движения;
 K_{13} – к. зависящий от расстояния от застройки;
 K_{14} – к. зависящий от длины населенного пункта;
 K_{15} – к. зависящий от удаленности населенного пункта на участке;
 K_{16} – к. зависящий от покрытия;
 K_{17} – к. зависящий от ширины разделительной полосы.

$$15 < K_{\text{ав.ит.}} < 20. \quad (5.9)$$

При построении графиков аварийности учитывают зоны влияния некоторых элементов дороги на режим движения:

- Подъемы и спуски – за вершиной подъема 100 м, у подошвы спуска – 150 м;
- Кривые в плане радиусом до 400 м с обеспеченной видимостью – 50 м в каждую сторону;
- Кривые с необеспеченной видимостью – 100 м в каждую сторону;
- Мосты – 75 м в каждую сторону;
- Пересечения в одном уровне – 100 м в каждую сторону.

Для первого варианта трассы:

Интенсивность:

$$N = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (5.10)$$

где $N_{\text{пр.исх}}$ - исходная интенсивность авт./сут.;

p – процент ежегодного прироста интенсивности, %;

t – перспективный период, годы.

По формуле 5.10:

$$N = 694 \cdot \left(1 + \frac{5,9}{100}\right)^{20} = 2184,13 \text{ авт./сут.}$$

$K_1 = 0,689$ – на всем протяжении трассы, для лета;

$K_1 = 0,722$ – на всем протяжении трассы, для переходного периода;

$K_1 = 0,525$ – на всем протяжении трассы, для зимы.

$K_2 = 1,01$ – (198 – 1072,5 м ; 2027,5 – 2754,5 м ; 3154,5 – 3441,9 м) для лета;

$K_2 = 1,01$ – (198 – 1072,5 м ; 2027,5 – 2754,5 м ; 3154,5 – 3441,9 м) для переходного периода;

$K_2 = 1,01$ – (198 – 1072,5 м ; 2027,5 – 2754,5 м ; 3154,5 – 3441,9 м) для зимы;

$K_2 = 1,05$ – на остальном протяжении трассы, для лета;
 $K_2 = 1,05$ – на остальном протяжении трассы, для переходного периода;
 $K_2 = 1,26$ – на остальном протяжении трассы, для зимы.
 $K_3 = 1,18$ – (198 – 1072,5 м ; 2027,5 – 2754,5 м ; 3154,5 – 3441,9 м) для лета;
 $K_3 = 1,18$ – (198 – 1072,5 м ; 2027,5 – 2754,5 м ; 3154,5 – 3441,9 м) для переходного периода;
 $K_3 = 1,89$ – (198 – 1072,5 м ; 2027,5 – 2754,5 м ; 3154,5 – 3441,9 м) для зимы;
 $K_3 = 1,1$ – на остальном протяжении трассы, для лета;
 $K_3 = 1,1$ – на остальном протяжении трассы, для переходного периода;
 $K_3 = 1,15$ – на остальном протяжении трассы, для зимы.
 $K_4 = 1,1$ – (1450 – 1800 м ; 2827 – 3100 м);
 $K_4 = 1,15$ – (2350 – 2827 м ; 3100 – 3470 м);
 $K_4 = 1,03$ – (3470 – 3950 м);
 $K_4 = 1$ – (1450 – 1800 м) на остальном протяжении трассы.
 $K_5 = 1,6$ – (178 – 1702,5 м ; 2027,5 – 2724,5 м ; 3154,5 – 3441,9 м);
 $K_5 = 1$ – остальном протяжении трассы.

Видимость:

$$S_a = \frac{vt}{3,6} + \frac{K_3 v^2}{254(f+\varphi)} + l_0, \quad (5.11)$$

где v – расчетная скорость для данной категории дороги, км/ч;

t – время реакции водителя, с;

K_3 – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов;

f – коэффициент сопротивления качению;

φ – коэффициент сцепления;

l_0 – запас пути, м.

$K_6 = 2,24$ – (0 – 450 м ; 1000 – 1450 м ; 1800 – 2350 м ; 2827 – 3100 м ; 3154,5 – 3950 м) для лета;
 $K_6 = 2,22$ – (450 – 1000 м ; 3100 – 3154,5 м) для лета;
 $K_6 = 2,19$ – (1450 – 1800 м) для лета;
 $K_6 = 2,24$ – (2350 – 2827 м) для лета;
 $K_6 = 2,23$ – (3950 - 4403 м) для лета;
 $K_6 = 2,18$ – (2350 - 2827 м) для лета;
 $K_6 = 2,24$ – (178 – 450 м ; 1000 – 1072,5 м ; 2027,5 – 2350 м ; 3154,5 – 3441,9 м ; 3154,5 – 3950 м) для переходного периода;
 $K_6 = 2,22$ – (450 – 1000 м ; 3100 – 3154,5 м) для переходного периода;
 $K_6 = 2,42$ – (0 – 178 м ; 1072,5 – 1450 м ; 1800 – 2027,5 м ; 2827 – 3154,5 м ; 3448,5 – 3950 м) для переходного периода;

$K_6 = 2,19 - (1450 - 1800 \text{ м})$ для переходного периода;
 $K_6 = 2,33 - (3950 - 4403 \text{ м})$ для переходного периода;
 $K_6 = 2,18 - (2350 - 2754,5 \text{ м})$ для переходного периода;
 $K_6 = 2,29 - (2754,5 - 2827 \text{ м})$ для переходного периода;
 $K_6 = 2,6 - (0 - 450 \text{ м} ; 1000 - 1450 \text{ м} ; 1800 - 2350 \text{ м} ; 2827 - 3950 \text{ м})$ для зимы;

$K_6 = 2,42 - (450 - 1000 \text{ м})$ для зимы;
 $K_6 = 2,39 - (1450 - 1800 \text{ м} ; 2350 - 2827 \text{ м})$ для зимы;
 $K_6 = 2,43 - (3950 - 4403 \text{ м})$ для зимы.

$K_7 = 1,5 - (1563,5 - 1743,3 \text{ м} ; 2582,8 - 2772,8 \text{ м})$ для лета;
 $K_7 = 1,5 - (1563,5 - 1743,3 \text{ м} ; 2582,8 - 2772,8 \text{ м})$ для переходного периода;
 $K_7 = 1,5 - (1563,5 - 1743,3 \text{ м} ; 2582,8 - 2772,8 \text{ м})$ для зимы;
 $K_7 = 1$ – на остальном протяжении трассы, для лета;
 $K_7 = 1$ – на остальном протяжении трассы, для переходного периода;
 $K_7 = 1$ – на остальном протяжении трассы, для зимы.

$K_8 = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_9 = 1,5 - (1001 - 1201 \text{ м} ; 2800 - 3000 \text{ м})$;
 $K_9 = 1$ – на остальном протяжении трассы.

$K_{10} = 2 - (1001 - 1201 \text{ м} ; 2800 - 3000 \text{ м})$ для лета;
 $K_{10} = 2 - (1001 - 1201 \text{ м} ; 2800 - 3000 \text{ м})$ для переходного периода;
 $K_{10} = 2 - (1001 - 1201 \text{ м} ; 2800 - 3000 \text{ м})$ для зимы;
 $K_{10} = 1$ – на остальном протяжении трассы.

$K_{11} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{12} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{13} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{14} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{15} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{16} = 1$ – на всем протяжении трассы, для лета.

$K_{16} = 1$ – на всем протяжении трассы, для переходного периода.

$K_{16} = 1,93$ – на всем протяжении трассы, для зимы.

$K_{17} = 1$ – на всем протяжении трассы.

Для второго варианта трассы:

$K_1 = 0,689$ – на всем протяжении трассы, для лета;

$K_1 = 0,722$ – на всем протяжении трассы, для переходного периода;

$K_1 = 0,525$ – на всем протяжении трассы, для зимы.

$K_2 = 1,05$ – (0 - 217 м ; 862 – 1666 м ; 2620,8 – 4288 м) для лета;

$K_2 = 1,01$ – (217 – 862 м ; 1666 – 2620,8 м) для лета.

$K_2 = 1,05$ – (0 - 217 м ; 862 – 1666 м ; 2620,8 – 4288 м) для переходного периода;

$K_2 = 1,01$ – (217 – 862 м ; 1666 – 2620,8 м) для переходного периода.

$K_2 = 1,26$ – (0 - 217 м ; 862 – 1666 м ; 2620,8 – 4288 м) для зимы;

$K_2 = 1,152$ – (217 – 862 м ; 1666 – 2620,8 м) для зимы.

$K_3 = 1,1$ – (0 - 217 м ; 862 – 1666 м ; 2620,8 – 4288 м) для лета;

$K_3 = 1,18$ – (217 – 862 м ; 1666 – 2620,8 м) для лета.

$K_3 = 1,1$ – (0 - 217 м ; 862 – 1666 м ; 2620,8 – 4288 м) для переходного периода;

$K_3 = 1,18$ – (217 – 862 м ; 1666 – 2620,8 м) для переходного периода.

$K_3 = 1,15$ – (0 - 217 м ; 862 – 1666 м ; 2620,8 – 4288 м) для зимы;

$K_3 = 1,89$ – (217 – 862 м ; 1666 – 2620,8 м) для зимы.

$K_4 = 1,05$ – (450 – 1200 м);

$K_4 = 1,69$ – (2350 – 2771 м);

$K_4 = 1,56$ – (2771 – 3400 м);

$K_4 = 1$ – на остальном протяжении трассы.

$K_5 = 1,51$ – (217 – 862 м);

$K_5 = 1,25$ – (1666 – 2621 м);

$K_5 = 1$ – на остальном протяжении трассы.

$K_6 = 2,24$ – (0 – 450 м ; 1586 – 2350 м ; 2771 – 4010 м) для лета;

$K_6 = 2,23$ – (450 – 882 м) для лета;

$K_6 = 2,205$ – (882 – 1586 м) для лета;

$K_6 = 2,15$ – (2350 – 2771 м) для лета;

$K_6 = 2,21$ – (4010 – 4288 м) для лета;

$K_6 = 2,42$ – (0 – 217 м ; 1586 – 1666 м ; 2771 – 4010 м) для переходного периода;

$K_6 = 2,24$ – (217 – 882 м ; 1666 – 2350 м ;) для переходного периода;

$K_6 = 2,23$ – (450 – 862 м) для переходного периода;

$K_6 = 2,15$ – (2350 – 2621 м) для переходного периода;

$K_6 = 2,309$ – (882 – 1586 м) для переходного периода;

$K_6 = 2,31$ – (4010 – 4288 м) для переходного периода.

$K_6 = 2,6$ - (0 – 450 м ; 1586 – 2350 м ; 2771 – 4010 м) для зимы;

$K_6 = 2,43 - (450 - 882 \text{ м})$ для зимы;

$K_6 = 2,414 - (882 - 1586 \text{ м})$ для зимы;

$K_6 = 2,37 - (2350 - 2621 \text{ м})$ для зимы;

$K_6 = 2,42 - (4010 - 4288 \text{ м})$ для зимы.

$K_7 = 1,5 - (1343,7 - 1534,1 \text{ м} ; 2489,2 - 2678,7 \text{ м})$;

$K_7 = 1$ – на остальном протяжении трассы.

$K_8 = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_9 = 1,5 - (782 - 982 \text{ м} ; 2676 - 2876 \text{ м})$;

$K_9 = 1$ – на остальном протяжении трассы.

$K_{10} = 2 - (782 - 982 \text{ м} ; 2676 - 2876 \text{ м})$ для лета;

$K_{10} = 2 - (782 - 982 \text{ м} ; 2676 - 2876 \text{ м})$ для переходного периода;

$K_{10} = 2 - (782 - 982 \text{ м} ; 2676 - 2876 \text{ м})$ для зимы;

$K_{10} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для лета;

$K_{10} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для переходного периода;

$K_{10} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для зимы.

$K_{11} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для лета;

$K_{11} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для переходного периода;

$K_{11} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для зимы.

$K_{12} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{13} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{14} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{15} = 1$ – на всем протяжении трассы.

$K_{16} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для лета;

$K_{16} = 1$ – на остальном протяжении трассы, для переходного периода;

$K_{16} = 1,93$ – на остальном протяжении трассы, для зимы.

5.4 Оценка пропускной способности дороги

Различают максимальную теоретическую и практическую типичную пропускную способность. Для второго случая пропускную способность определяют с использованием опытных коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с горизонтальным прямым участком (прил.4 [5]).

При расчете пропускной способности учитывают зону влияния каждого элемента дороги:

- Населенные пункты – 300 м в обе стороны;
- Подъемы до 200 м/более 200 м – 350 м / 650 м;
- $R > 600$ м – 100 м в обе стороны;
- $R < 600$ м – 250 м в обе стороны;
- Ограниченная видимость – 100 – 150 м в обе стороны;
- Пересечения в одном уровне – 600 м в обе стороны.

Коэффициент загрузки:

$$Z = \frac{0,1N}{P}, \quad (5.12)$$

Пропускную способность рассчитывают по формуле:

$$P = \beta P_{max}, \quad (5.13)$$

где $\beta = \beta_1 \beta_2 \cdots \beta_{15}$ – итоговый коэффициент пропускной способности.

P_{max} – максимальная приведенная к легковому автомобилю пропускная способность.

β_1 – к. полосы движения;

β_2 – к. ширина обочины;

β_3 – к. расстояние от кромки проезжей части до препятствия;

β_4 – к. количество автопоездов;

β_5 – к. продольный уклон;

β_6 – к. видимость;

β_7 – к. радиус кривых;

β_8 – к. ограничение скорости дорожными знаками;

β_9 – к. кол-во автомобилей поворачивающих налево;

β_{10} – к. состояние обочин;

β_{11} – к. тип покрытия;

β_{12} – к. тип сооружения;

β_{13} – к. вид разметки проезжей части;

β_{14} – к. указатель полос движения;

β_{15} – к. число автобусов в потоке.

Для первого варианта трассы:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,71 - (0 - 178 \text{ м} ; 1072,5 - 2027,5 \text{ м} ; 2754,5 - 3154,5 \text{ м} ; 3441,9 - 4403 \text{ м}); \\ \beta_1 &= 0,838 - \text{на остальном протяжении трассы.} \\ \beta_2 &= 0,92 - (0 - 178 \text{ м} ; 1072,5 - 2027,5 \text{ м} ; 2754,5 - 3154,5 ; 3442,3 - 4403 \text{ м}); \\ \beta_2 &= 0,824 - \text{на остальном протяжении трассы.} \\ \beta_3 &= 0,95 - (695 - 950 \text{ м} ; 3442,3 - 3543,7 \text{ м} ; 3875,6 - 4068,3 \text{ м}); \\ \beta_3 &= 0,99 - (1592,6 - 1726,3 \text{ м} ; 2604,3 - 2754,5 \text{ м}); \\ \beta_3 &= 1 - \text{на остальном протяжении трассы.} \\ \beta_4 &= 0,938 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_5 &= 0,96 - (1250 - 3326,9 \text{ м}). \\ \beta_5 &= 0,96 - (3326,9 - 3750 \text{ м}). \\ \beta_5 &= 0,96 - (3750 - 4403 \text{ м}). \\ \beta_5 &= 1 - \text{на остальном протяжении трассы.} \\ \beta_6 &= 0,98 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_7 &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_8 &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_9 &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_{10} &= 0,99 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_{11} &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_{12} &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_{13} &= 1,05 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_{14} &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_{15} &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.}\end{aligned}$$

Для второго варианта трассы:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,71 - (0 - 217 \text{ м} ; 862 - 1666 \text{ м} ; 2620,8 - 4288 \text{ м}); \\ \beta_1 &= 0,838 - \text{на остальном протяжении трассы.} \\ \beta_2 &= 0,92 - (0 - 178 \text{ м} ; 1072,5 - 2027,5 \text{ м} ; 2754,5 - 3154,5 ; 3442,3 - 4403 \text{ м}); \\ \beta_2 &= 0,824 - \text{на остальном протяжении трассы.} \\ \beta_3 &= 0,95 - (468,3 - 787,8 \text{ м} ; 3764,5 - 3959,8 \text{ м}); \\ \beta_3 &= 0,99 - (1367,4 - 1505,4 \text{ м} ; 2465,5 - 2621 \text{ м} ; \\ \beta_3 &= 1 - \text{на остальном протяжении трассы.} \\ \beta_4 &= 0,938 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_5 &= 0,96 - (1040,2 - 2086 \text{ м}). \\ \beta_5 &= 0,92 - (2086 - 2850 \text{ м}). \\ \beta_5 &= 0,922 - (2850 - 4288 \text{ м}). \\ \beta_5 &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_6 &= 0,98 - \text{на всем протяжении трассы.} \\ \beta_7 &= 1 - \text{на всем протяжении трассы.}\end{aligned}$$

$\beta_8 = 1$ – на всем протяжении трассы.
 $\beta_9 = 1$ – на всем протяжении трассы.
 $\beta_{10} = 0,99$ – на всем протяжении трассы.
 $\beta_{11} = 1$ – на всем протяжении трассы.
 $\beta_{12} = 1$ – на всем протяжении трассы.
 $\beta_{13} = 1,05$ – на всем протяжении трассы.
 $\beta_{14} = 1$ – на всем протяжении трассы.
 $\beta_{15} = 1$ – на всем протяжении трассы.

На вариантах трасс в местах пересечения с дорогой имеются коэффициенты аварийности, превышающие условие 5.9. Рекомендуется устроить кольцевое пересечение. Все коэффициенты взяты для худших условий зимнего периода.

6 Сравнение вариантов трассы

Сравнение по технико-эксплуатационным показателям:

Общая длина трассы характеризуется длиной трассы и коэффициентом удлинения трассы:

$$K_{удл} = \frac{L_{тр}}{L_{вл}} ; \quad (6.1)$$

где $L_{тр}$ - длина варианта трассы, м;

$L_{вл}$ - длина трассы по воздушной линии, м.

Плавность трассы характеризуется относительной средней величиной углов поворота, радианы/м:

$$r_{ср} = \frac{\sum_{n=1}^N rad_n}{L_{тр}} ; \quad (6.2)$$

где rad_n - величина n-го угла поворота, рад.

Средний радиус закругления:

$$R_{ср} = \frac{\sum_{n=1}^N K_n}{\sum_{n=1}^N rad_n} ; \quad (6.3)$$

где K_n - длина кривой, вписанной в n-й угол, м.

Время доставки грузов:

$$t_{дг} = \frac{t_{пр} + t_{об}}{2} ; \quad (6.4)$$

где $t_{пр} = \frac{L_{тр}}{v_{пр}} ;$

$$t_{об} = \frac{L_{тр}}{v_{об}} .$$

Лучшим считается вариант, имеющий больше преимуществ. Техничко-эксплуатационные показатели помещаем в таблицу 4.1 .

Таблица 6.1 – Сравнение вариантов трассы

Показатели	Ед. изм.	1-й вариант	2-й вариант	Преимущество	
				1-й	2-й
1 Длина трассы	м	4403	4288	-	+
2 Коэффициент удлинения трассы	-	1,096	1,068	-	+
3 Средняя величина угла поворота	рад/м	0,000586	0,000374	-	+
4 Средняя величина закругления	м/рад	739,44	996,87	-	+
5 Суммарная протяженность участков:					
лесов	м	145	499	+	-
болот		73	0	-	+
сельхозугодий		0	0		
населенных пунктов		0	0		
6 Протяженность участков местности с уклоном по трассе до 30‰	м	2932,1	2658	+	-
7 Протяженность участков местности с уклоном по трассе, превышающим максимально допустимое значение уклона проектной линии	м	369	609	+	-
8 Протяженность участков по косогору с уклоном более 90‰	м	0	0	+	+
9 Число искусственных сооружений на водотоках:					
больших и средних мостов	шт.	2	2	-	-
малых мостов и труб		3	1	-	+
10 Число пересечений с автомобильными дорогами	шт.	2	2	-	-
11 Число пересечений с железными дорогами	шт.	0	0	+	+

Продолжение таблицы 6.1

Показатели	Ед. изм.	1-й вариант	2-й вариант	Преимущество	
				1-й	2-й
12 Средний уровень загрузки		0,2139	0,22069	+	-
13 Средний коэффициент аварийности за зиму		7,3	6,99	-	+
14 Средний коэффициент безопасности		1	1	+	+
15 Среднетехническая скорость	км/ч	100	100	+	+
16 Время доставки грузов	ч	0,044	0,04288	-	+

Для проектирования принимаем второй вариант трассы так как он имеет больше преимуществ.

7 Продольный профиль для выбранного варианта трассы

Продольным профилем дороги называют развернутую в плоскости чертежа проекцию оси дороги на вертикальную плоскость, изображенную в уменьшенном масштабе. Продольный профиль проектируют в виде плавной линии, состоящей из прямолинейных участков и вертикальных кривых. Проектирование продольного профиля заключается в нанесении проектной линии и вычислении проектных и рабочих отметок. При проектировании продольного профиля стремятся обеспечить:

- 1) устойчивость земляного полотна и дорожной одежды в течение круглого года при изменениях температуры и погодных условий;
- 2) наименьшую стоимость строительства и эксплуатации дороги;
- 3) удобство и безопасность движения автомобилей и пассажиров;
- 4) наименьшую стоимость перевозки грузов и пассажиров.

Проектная линия построена по методу тангенсов. Продольные уклоны не превышают нормативных значений. По всей трассе обеспечен продольный водоотвод. Линия проходит в основном по секущей.

Тангенс:

$$T_B = \frac{R_B |i_1 - i_2|}{2} . \quad (7.1)$$

Длина кривой:

$$K_B = 2T_B . \quad (7.2)$$

Биссектриса:

$$B_B = \frac{T^2}{2R_B} . \quad (7.3)$$

Расстояние до вершины:

$$x = i \cdot R . \quad (7.4)$$

Ведомости отметок рельефа, контрольных точек и руководящих отметок – приложение А.

Выпуклая кривая, вершина на ПК3+50:

$$R = 20000 \text{ м ;}$$

$$T_B = \frac{20000 \cdot |0,010 - 0,005|}{2} = 150 \text{ м ;}$$

$$K_B = 2 \cdot 150 = 300 \text{ м ;}$$

$$B_B = \frac{150^2}{2 \cdot 20000} = 0,56 \text{ м .}$$

Выпуклая кривая, мнимая вершина на ПК8+14:

$$R = 17650 \text{ м ;}$$

$$T_B = \frac{17650 \cdot |-0,005 - 0,022|}{2} = 150 \text{ м ;}$$

$$K_B = 2 \cdot 150 = 300 \text{ м ;}$$

$$B_B = \frac{150^2}{2 \cdot 17650} = 0,64 \text{ м .}$$

Вогнутая кривая, вершина на ПК15+51:

$$R = 10000 \text{ м ;}$$

$$T_B = \frac{10000 \cdot |-0,022 + 0,009|}{2} = 155 \text{ м ;}$$

$$K_B = 2 \cdot 155 = 310 \text{ м ;}$$

$$B_B = \frac{155^2}{2 \cdot 10000} = 1,2 \text{ м .}$$

Выпуклая кривая, вершина на ПК20+60:

$$R = 10000 \text{ м ;}$$

$$T_B = \frac{10000 \cdot |-0,009 - 0,037|}{2} = 230 \text{ м ;}$$

$$K_B = 2 \cdot 230 = 460 \text{ м ;}$$

$$B_B = \frac{230^2}{2 \cdot 10000} = 2,65 \text{ м .}$$

Вогнутая кривая, вершина на ПК26+25:

$$R = 3890 \text{ м ;}$$

$$T_B = \frac{3890 \cdot |-0,037 + 0,035|}{2} = 140 \text{ м ;}$$

$$K_B = 2 \cdot 140 = 280 \text{ м ;}$$

$$B_B = \frac{140^2}{2 \cdot 3890} = 2,52 \text{ м .}$$

Выпуклая кривая, мнимая вершина на ПК36+00:

$$R = 10000 \text{ м} ;$$

$$T_B = \frac{10000 \cdot |-0,037 + 0,035|}{2} = 150 \text{ м} ;$$

$$K_B = 2 \cdot 150 = 300 \text{ м} ;$$

$$B_B = \frac{150^2}{2 \cdot 10000} = 1,13 \text{ м} .$$

Выпуклая кривая, вершина на ПК37+60:

$$R = 20000 \text{ м} ;$$

$$T_B = \frac{20000 \cdot |0,005 - 0,015|}{2} = 200 \text{ м} ;$$

$$K_B = 2 \cdot 200 = 400 \text{ м} ;$$

$$B_B = \frac{200^2}{2 \cdot 20000} = 1 \text{ м} .$$

На протяжении проектной линии максимальный продольный уклон 0,037, минимальный 5. Максимальный радиус вертикальной кривой 20000 м, минимальный 3890 м.

8 Поперечные профили земляного полотна

Типы поперечных профилей:

1) Насыпи до 2 м.

Крутизну откосов для таких насыпей принимают из условия обеспечения безопасного съезда не круче:

1:4 – для дорог 2-3 категорий;

1:3 – для дорог 4-5 категорий.

На открытых местах очертанию поперечного профиля придают округленную форму с целью его плавного обтекания снеговетровым потоком.

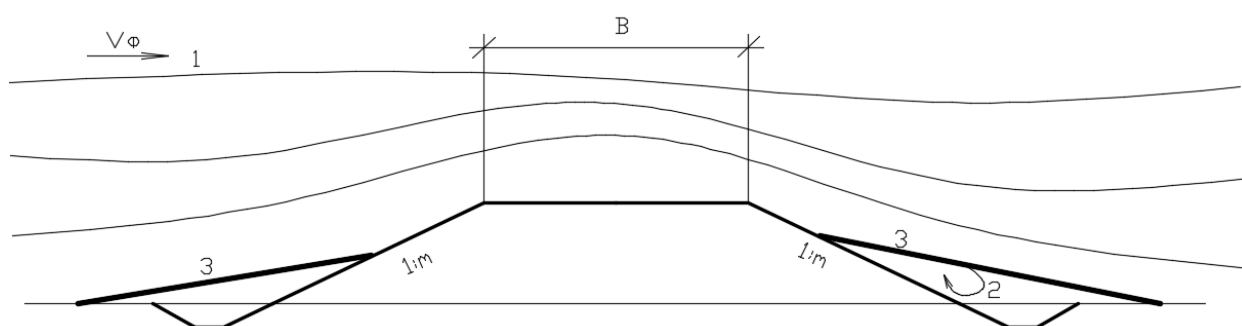


Рисунок 8.1 – Схема снеготранспорта насыпи до 2 м; 1 – движение воздушных струй; 2 – зона завихрений; 3 – поверхность снегоотложений после метели.

2) Насыпи высотой от 2(3) м до 6 м.

Их устраивают с более крутыми откосами 1:1,5. Такая крутизна обеспечивает устойчивость откоса. В мелких песчаных и пылеватых грунтах в районах с влажным климатом крутизну откосов уменьшают до 1:1,75.

3) Насыпь высотой более 6 м.

В целях борьбы с оползнями откосы насыпей делают переменной крутизны. Верхнюю часть высотой 6 м делают с заложением 1:1,5 (1:1,75). Нижнюю часть откосов делают более пологой с заложением 1:1,75 (1:2).

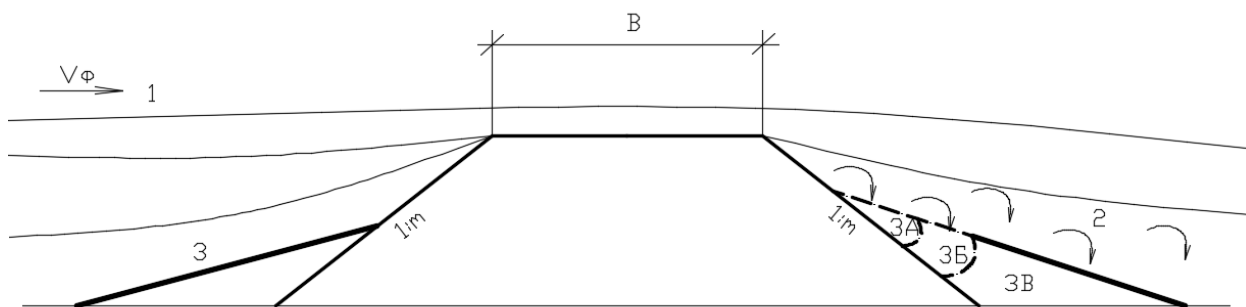


Рисунок 8.2 – Схема снегозаносимости насыпи более 4 м; 1 – движение воздушных струй; 2 – зона завихрений; 3А, 3Б, 3В – накопление снега в течении зимы.

4) Выемка глубиной до 1 м на открытых местах (раскрытая).

На дорогах 1-3 категорий выемки глубиной до 1 м рекомендуется устраивать обтекаемого поперечного профиля, обеспечивающего незаносимость снегом. Заложение внешних откосов у нее принимают в диапазоне 1:6 – 1:10.

5) Выемка глубиной до 1 м на высокоценных землях или в стесненных условиях.

У такой выемки заложение внешних откосов принимают 1:1,5 в песчаных и однородных глинистых грунтах плотной консистенции.

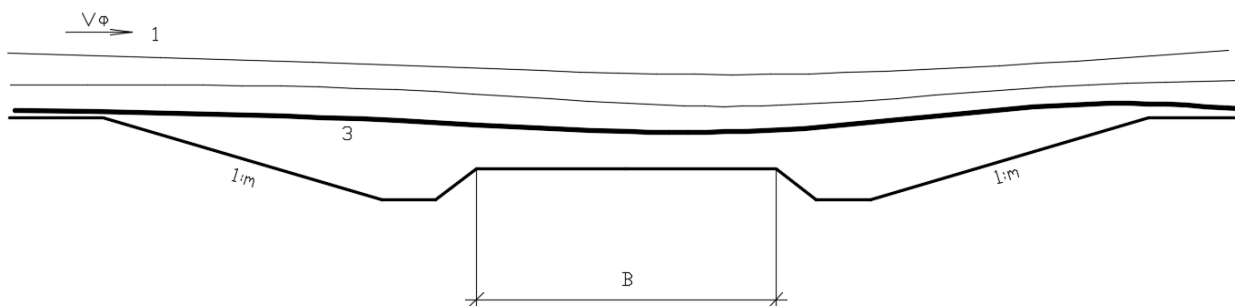


Рисунок 8.3 – Схема снегозаносимости выемки до 1 м; 1 – движение воздушных струй; 3 – поверхность снегоотложений после метели.

6) Выемка глубиной до 12 м с закуветными полками.

Полки устраивают в:

- местах с интенсивными метелями и снегопадами;
- легковыветриваемых скальных грунтах;
- переувлажненных глинистых грунтах;
- пылеватых и лёссовидных грунтах и лёссах.

Поверхности закуветных полок придается уклон 20-40‰ в сторону кювета.

7) Выемка глубиной до 12 м без закуветных полок.

Для выемок глубиной до 5 м заложение внешнего откоса выемки принимают 1,5 (или 1:2). При большей глубине: - 1:1,5 в песчаных и однородных глинистых грунтах. - 1:1 в крупнообломочных грунтах.

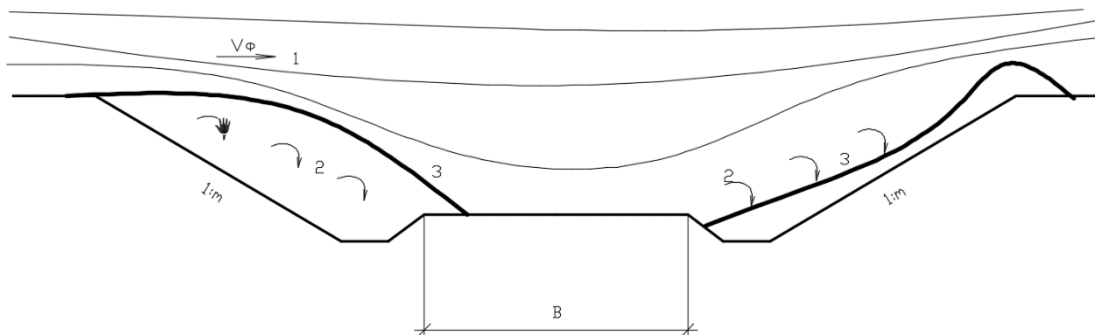


Рисунок 8.4 – Схема снеготранспорта выемки глубиной до 2 м; 1 – движение воздушных струй; 2 – зона завихрений; 3 – поверхность снеготложений после метели.

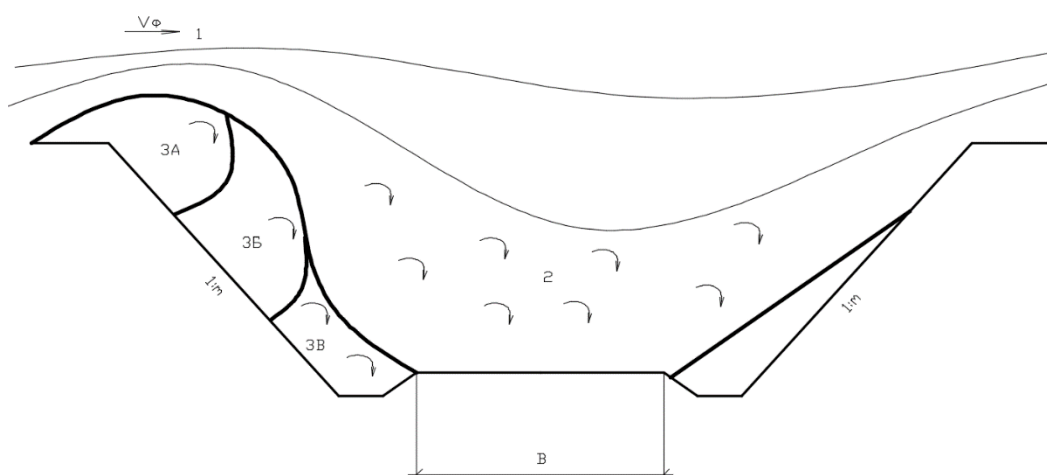


Рисунок 8.5 – Схема снеготранспорта выемки глубиной более 4 м; 1 – движение воздушных струй; 2 – зона завихрений; 3А, 3Б, 3В – накопление снега в течении зимы.

Поперечные профили подразделяют на четыре категории по снеготранспорту:

1 категория (сильнотрансимируемые) – нераскрытые выемки глубиной до 2 м с канавами или кюветами.

2 категория (среднотрансимируемые) – раскрытые выемки, нулевые места, низкие насыпи (высотой до 2 м, с кюветами или канавами), выемки глубиной до 4 м.

3 категория (слаботрансимируемые) – насыпи высотой до 2 м с притрассовыми резервами, насыпи высотой до 4 м, глубокие выемки глубиной более 6 м.

4 категория (нетрансимируемые) – высокие насыпи высотой более 6 м.

Таблица 8.1 – Привязка поперечных профилей

Тип поперечного профиля		Местоположение		Расстояние, м
слева	справа	от ПК	до ПК	
1	1	0	0+89,17	89,71
4	4	0+89,71	2+59,12	169,42
1	1	2+59,12	4+32,70	173,58
2	2	4+32,70	7+90,94	358,24
1	1	7+90,94	8+82,00	91,06
4	4	8+82,00	10+68,24	186,24
6	6	10+68,24	13+06,97	238,74
4	4	13+06,97	13+50,56	43,59
1	1	13+50,56	14+16,99	66,43
1	1	14+58,70	14+71,85	13,15
4	4	14+71,85	14+94,73	22,88
6	6	14+94,73	19+90,00	495,27
4	4	19+90,00	20+51,43	61,43
6	6	20+51,43	23+84,82	333,40
4	4	23+84,82	24+13,94	29,12
1	1	24+13,94	24+85,56	71,62
2	2	24+85,56	25+60,71	75,15
2	2	26+2,41	26+66,85	64,44
1	1	26+66,85	26+98,08	31,23
4	4	26+98,08	27+74,71	76,63
1	1	27+74,71	27+99,37	24,66
4	4	27+99,37	28+49,76	50,40
6	6	28+49,76	33+93,54	543,77
4	4	33+93,54	34+18,92	25,39
6	6	34+18,92	37+10,70	291,77
4	4	37+10,70	37+31,78	21,09
1	1	37+31,78	37+76,50	44,72
2	2	37+76,50	39+51,25	174,75
1	1	39+51,25	39+75,02	23,77
4	4	39+75,02	40+37,97	62,95
1	1	40+37,97	42+88	250,05

9 Вариантное проектирование мероприятий по защите автомобильной дороги от снежных заносов

Свежевыпавший снег в рыхлом состоянии находится недолго. Под воздействием отрицательных температур, проходящего транспортного потока и собственного веса, увеличивается плотность, образуется снежный накат, резко уменьшающий сцепление колеса с покрытием.

Территория России разделена на семь зон различной трудности снегоборьбы [8]. Кош-Агач находится в четвертой зоне – район трудной снегоборьбы. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом достигает 100 – 180 суток. Скорости ветров при метелях до 30-32 м/с. Объемы снегопереноса достигают 250-400 м³/м. Снежные заносы образуются систематически, часто имеют большую толщину и плотность.

Для достижения целей зимнего содержания установлены директивные требования к видам дорожных работ и срокам их выполнения [9].

Таблица 9.1 - Требования к видам дорожных работ и срокам их выполнения

	Значение
Значение дороги	Дорога местного значения
Интенсивность движения авт./сут.	1000-3000
Минимальная ширина полностью очищенного покрытия, м	6
Допустимая толщина рыхлого снега на покрытии, мм	40
Допустимая толщина уплотненного снега на покрытии в перерывах между проходами снегоочистительных машин, мм	-
Допустимая толщина уплотненного снега на обочинах, мм	70
Максимальный срок снегоочистки, ликвидации гололеда и зимней скользкости, ч	5

9.1 Расчет снегопереноса

Важнейшей характеристикой метели является удельный твердый расход равный массе снега, переносимой за единицу времени через единицу площади фронта метели (воображаемая линия, перпендикулярная направлению ветра).

Общий твердый расход рассчитывается различными методами. Расчет снегопереноса методом балансов. Метод балансов учитывает большое количество физических параметров:

$$q_{\text{сп}} = 0,01 \cdot K \cdot [L_c \cdot (h_c - h_l) \cdot l] - \sum q_i, \text{ м}^3/\text{м}; \quad (9.1)$$

где K – коэффициент снегосноса (табл.2 [4]);

L_c - длина снегосборного бассейна, м;

h_c - высота снежного покрова по данным метеостанций, м;

h_l - толщина слоя снега задерживаемого микропрофилем или растительностью, м;

l – длина участка дороги, 1м;

$\sum q_i$ – суммарное количество снега, задерживаемого различными препятствиями на прилегающих территориях, $\text{м}^3/\text{м}$ (по всей протяженности дороги луговая растительность) (табл.3 [4]).

По формуле 8.1:

$$q_{\text{сп}} = 0,01 \cdot 60 \cdot [1000 \cdot (0,45 - 0,05) \cdot 1] - 20 - 50 = 170 \text{ м}^3/\text{м}.$$

9.2 Сооружения защиты дорог от снежных заносов

Для защиты автомобильных дорог от снежных заносов применяют различные виды сооружений. В зависимости от характера регулирования скорости движения ветра сооружения подразделяются на снегосдерживающие $v = \min$, снегоизолирующие $v = 0$ и снегопередающие $v = \max$.

Снегозадерживающие сооружения подразделяются на временные и стационарные. Временные:

- устройство снежных траншей;
- временные заборы из щитов специальной конструкции.

Стационарные:

- снегосдерживающие заборы;
- снегозащитные лесополосы.

Траншеи. Снегозащитные траншеи прокладывают в несколько рядов параллельно дороге. Траншеи могут применяться как самостоятельное средство защиты - на дорогах IV-V категорий или в сочетании с другими средствами (насаждениями, заборами, щитами), чтобы усилить снегозадерживающее действие и повысить надежность снегозащитных линий на дорогах I, II, III категории.

Первую со стороны дороги траншею при отсутствии других средств защиты размещают не ближе 30 м и не дальше 100 м от бровки земляного полотна. Если траншеи служат дополнительным средством защиты к имеющимся лесополосам, щитам или заборами, то ближайшую к дороге траншею размещают с полевой стороны имеющихся снегозащитных линий на расстоянии 20-30 м от них.

Снежные траншеи целесообразно применять если снежный покров и рельеф позволяют проложить траншею. Из плюсов: Работы по устройству и обслуживанию полностью механизированные. Низкая стоимость. Минусы: Быстрая заполняемость.

Снегосборная способность траншеи (объем снега, который может задержать 1 м траншеи):

$$W_0 = 10h^2 + 2NBK - \text{для одиночной траншеи}; \quad (9.2)$$

$$W_T = 10h^2 + 2nNBK + (n - 1)hl_1K_1 - \text{для системы траншей}; \quad (9.3)$$

где h - высота снежного покрова, м;

N - глубина траншеи, м;

B - ширина траншеи, м;

K, K_1 - коэффициенты, учитывающие заполнение траншеи и пространства между траншеями (0,9 и 0,8 соответственно);

n - количество траншей;

l_1 - расстояние между траншеями.

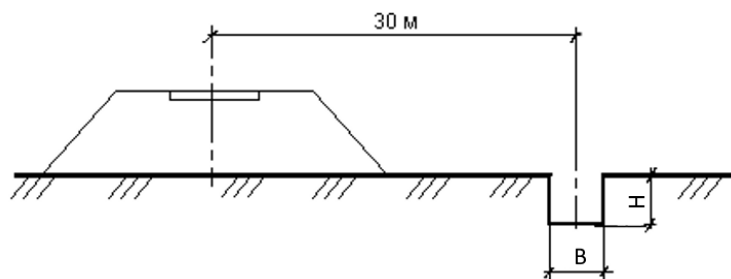


Рисунок 9.1 – Схема одиночной траншеи

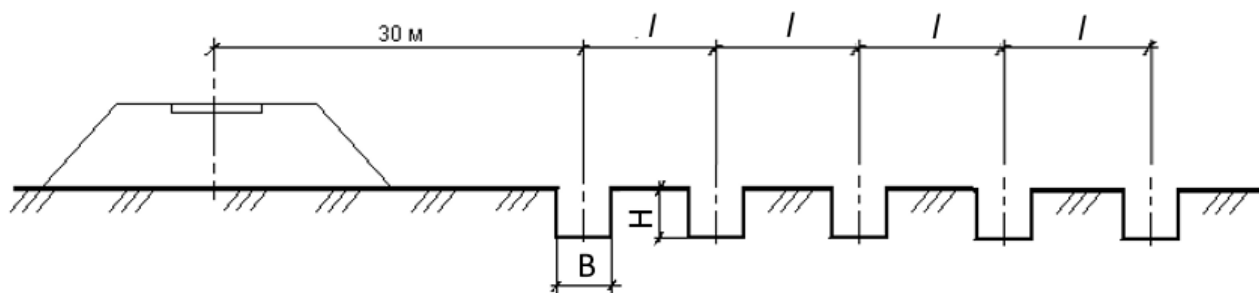


Рисунок 9.2 – Схема многорядных траншей

Вывод: по формулам 8.2 , 8.3 и таблице 9 [10] – для данного объема снегоотложения траншеи не эффективны.

Снегозадерживающие заборы. В местах со значительными объемами снегопереноса надежным способом защиты служат высокие снегозадерживающие заборы. Снегозадерживающие заборы бывают двухпанельные с просветностью решётки 50 % рис. 8.4 б) и однопанельные с просветностью решетки 70 % рис. 8.4 а). Однопанельные заборы в основном применяют для вторых и третьих рядов многорядных линий заборов, двухпанельные - при устройстве заборов в один ряд или в ближайшем к дороге ряду многорядных линий заборов.

Заборы строят из дерева или делают сборными из железобетона. Переносные щиты (временные) целесообразно использовать на сильнозаносимых участках, где рельеф не позволяет использовать другие методы борьбы. Плюсы: высокая маневренность. Минусы: ручная работа при изготовлении и эксплуатации. Большой расход материалов (использование не более 2-3 сезонов). Материалы для переносных щитов: деловая древесина, клееная древесина, местные материалы. Плюсы: Высокая эксплуатационная пригодность при незначительных затратах на содержание. Надежная защита от наносов. Минусы: высокая капиталоемкость. Ручной труд. материалоемкость. Дополнительный землеотвод. Пожароопасность в зависимости от материала.

В зависимости от направления господствующих метелевых ветров и рельефа местности принимают следующие расстояния установки заборов от дорог (выраженные в высотах заборов): 15-20 высот, если местность горизонтальная или имеет подъём от забора к дороге; 20-25 высот, если местность спускается от забора к дороге (в обоих случаях меньшее расстояние для ветров, подходящих к забору под острым углом, большее - для ветров, угол подхода которых близок к прямому). Если по каким-либо причинам забор нельзя удалить от дороги на нужное расстояние, допускается сократить расстояние до 10 высот при условии уменьшения просветности его решётки до значения $P = 0,3$. Расстояние между рядами многорядных заборов следует делать равным 30 высотам. В особенно многоснежные и метелевые зимы можно усиливать забор установкой дополнительных линий переносных щитов.

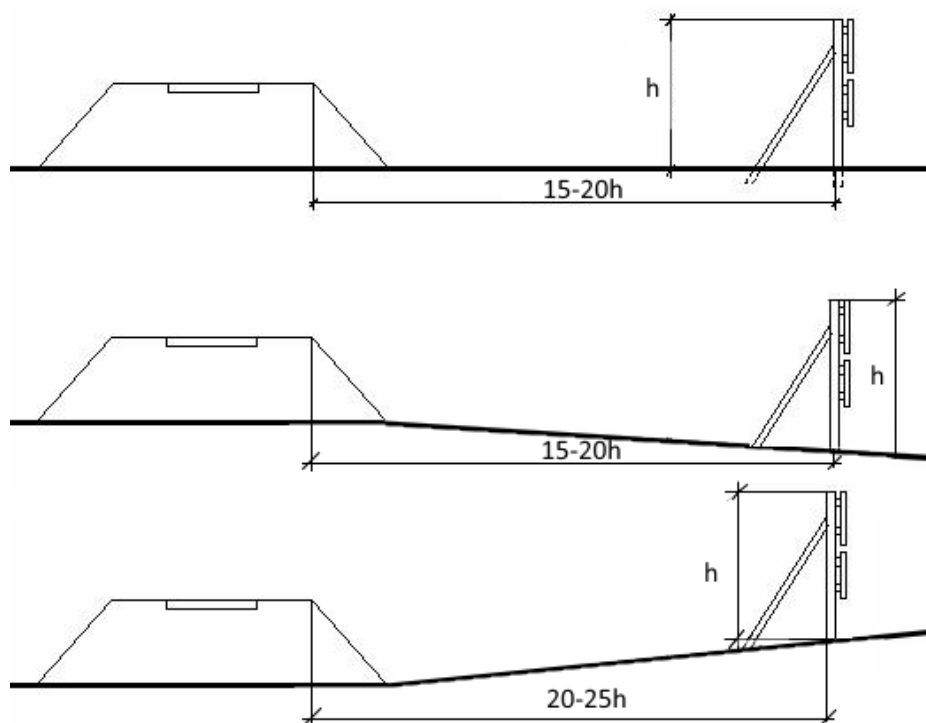


Рисунок 9.3 – Расстояния от дорог установки снегозащитного забора

Наибольший объем снега, который может удержать забор, зависит от его высоты, определяемой по формуле:

$$H_3 = 0,34\sqrt{Q_H} + H_{\Pi} . \quad (9.4)$$

По формуле 8.4:

$$H_3 = 0,34 \cdot \sqrt{170} + 0,48 = 4,9 \text{ м} .$$

Заборы высотой более 5м применять нецелесообразно. Если один ряд забора не в состоянии сдержать весь объем снега, приносимого к сооружению, то используются многорядные заборы. Общая снегосборная способность:

$$W = \alpha(n - 1)H_3l + K_1H_3^2, \quad (9.5)$$

где α - коэффициент учитывающий заполнение пространства между рядами (0,8);

n - количество рядов;

l - расстояние между рядами ($25-30H_3$), м;

K_1 - эмпирический коэффициент.

Вывод: забор высотой 4,9 м эффективен для данного объема снегоотложения.

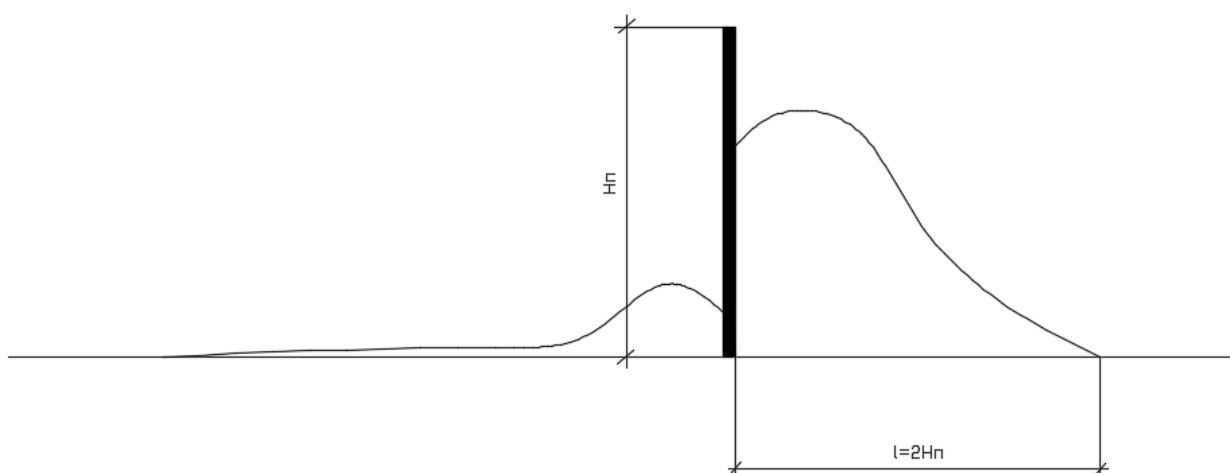


Рисунок 9.4 – Схема снегоотложений у сплошного препятствия

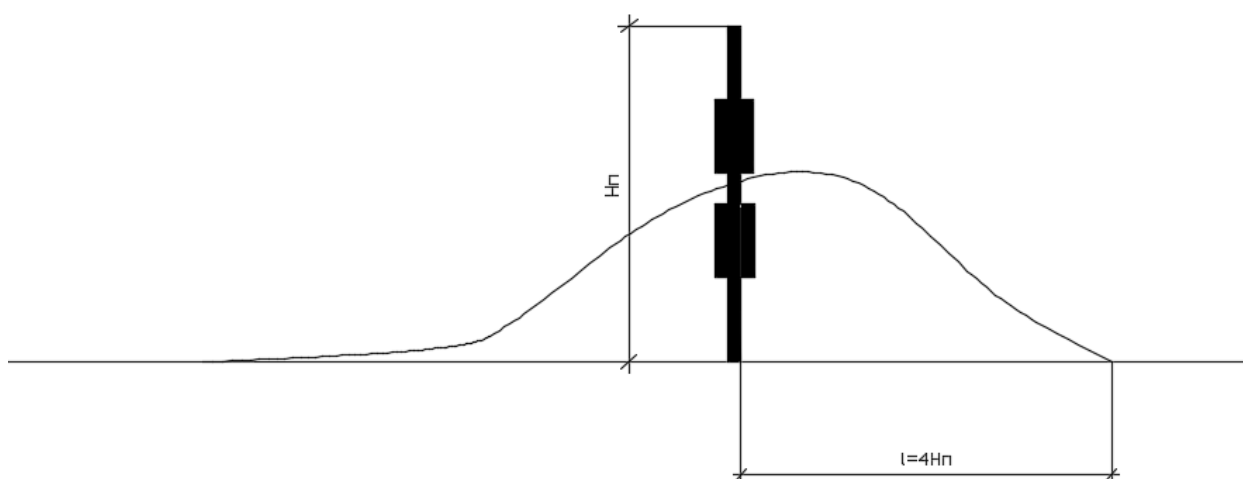


Рисунок 9.5 – Схема снегоотложений у проницаемого препятствия

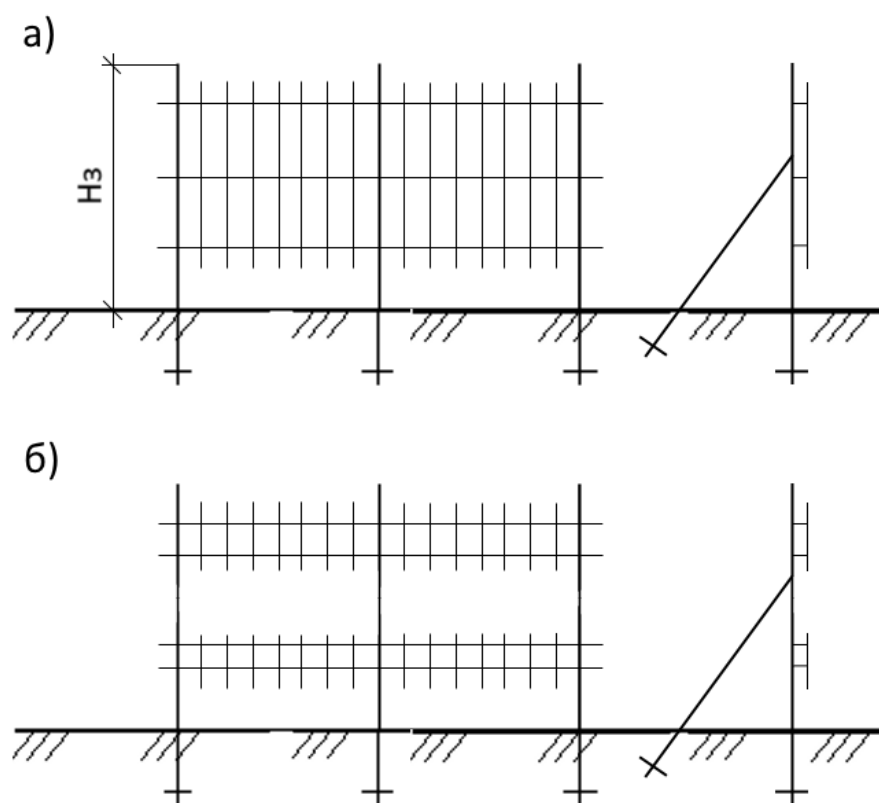


Рисунок 9.6 – Схемы стационарных снегозащитных заборов

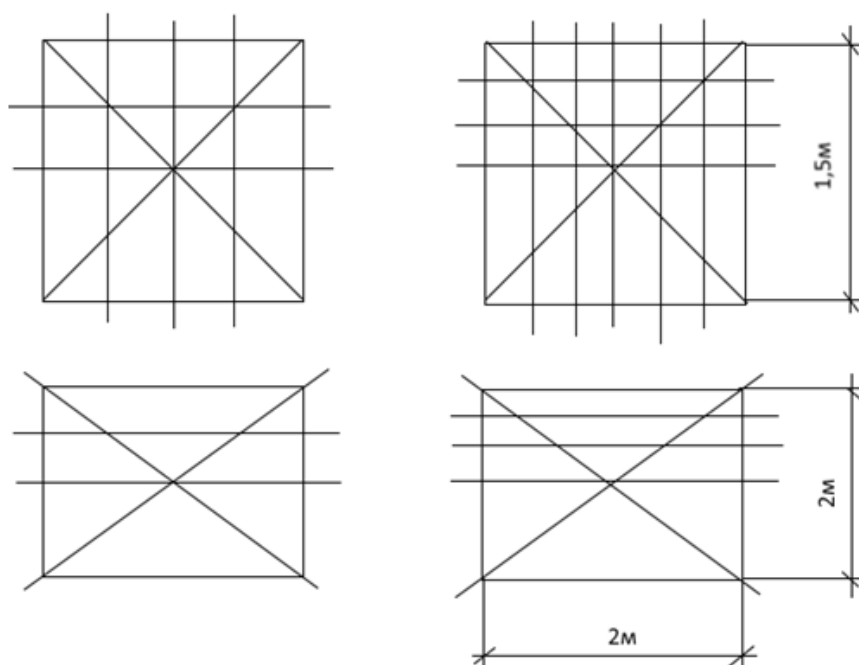


Рисунок 9.7 – Схемы переносных снегозащитных заборов

Большое практическое значение имеет максимальное снегозадержание на прилегающих территориях. Основное место в снегозащите в настоящее время занимают лесополосы. Снегоемкость лесополос для разных схем:

Однорядная посадка:

$$W_0 = 7H^2, \quad (9.6)$$

где H – высота живой изгороди (обычно 2,5 - 4 м).

По формуле 8.6:

$$W_0 = 7 \cdot 4^2 = 112 \text{ м}^3/\text{м}$$

Однорядная лесополоса не подходит, для данного объема снегонаноса.

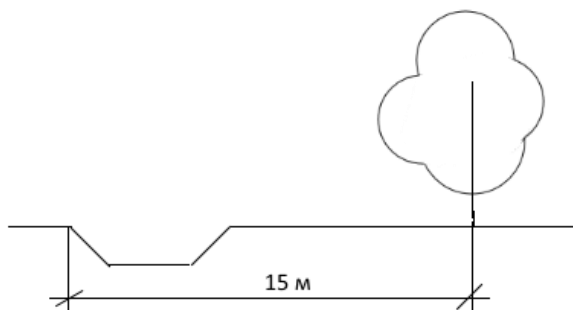


Рисунок 9.8 – Однорядная лесополоса

Двухрядная посадка:

$$W_0 = 7H^2 + 0,8HL, \quad (9.7)$$

где L общая ширина лесополосы.

По формуле 8.7:

$$W_0 = 7 \cdot 4^2 + 0,8 \cdot 4 \cdot 4 = 124 \text{ м}^3/\text{м}$$

Двухрядная лесополоса не подходит, для данного объема снегонаноса.

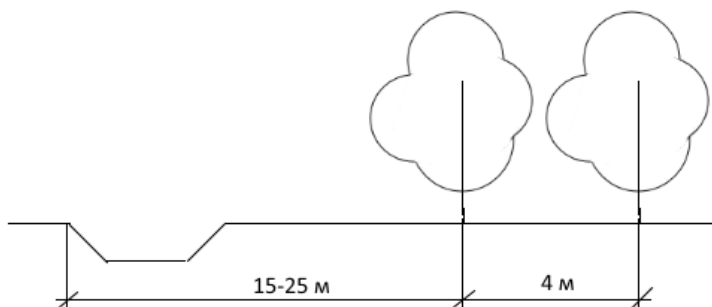


Рисунок 9.9 – Двухрядная лесополоса

Многорядная посадка:

$$W_0 = LH_{\text{ср}} + (K_1 h_1^2 + K_2 h_2^2)l, \quad (9.8)$$

где l - расстояние между рядами, м;

$K_1, K_2 = 4$ - коэффициенты, для симметричных полос пологости;

$h_1, h_2 = H_{\text{ср}}$ - фактическая высота шлейфов;

$H_{\text{ср}}$ - средняя высота отложения снега в лесополосе (обычно 1-2,5 м).

По формуле 9.8:

$$W_0 = 22 \cdot 2,5 + (4 \cdot 2,5^2 + 4 \cdot 2,5^2) \cdot 2 = 155 \text{ м}^3/\text{м}.$$

Вывод: Лесопосадка неэффективна для данного объема снегоотложений (для достижения достаточной снегоемкости требуется сооружать большую по широте и количеству рядов и полос лесополосу, что нецелесообразно в стесненных условиях и экономически).

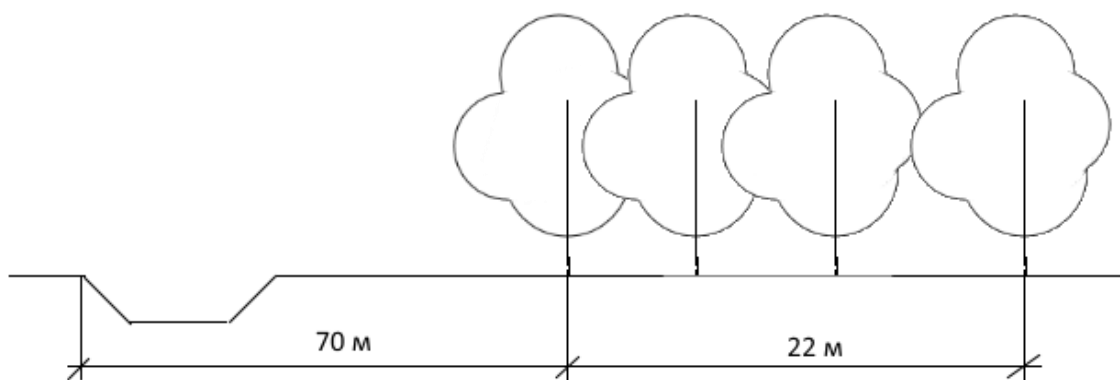


Рисунок 9.10 – Многорядная посадка

Снегозащитные лесопосадки целесообразно применять на сильнозаносимых участках, в зонах культурного землепользования. Плюсы: надежная защита. Повышение архитектурных и эстетических свойств. Экологическая безопасность. Минусы: Капитальные затраты. Ручная работа. Пожароопасность. Значительный землеотвод.

Снегопередающие сооружения. Предназначены для полного сдувания снега с автомобильных дорог. Такого рода сооружения устраивают в стесненных условиях или в местах с большими объемами снегоприноса, с которым не справляются снегосдерживающие сооружения. По замыслу автора, сжимаемый ветровой поток в нижней щели сметает снег с покрытия, а в верхнюю перебрасывается вся основная масса.

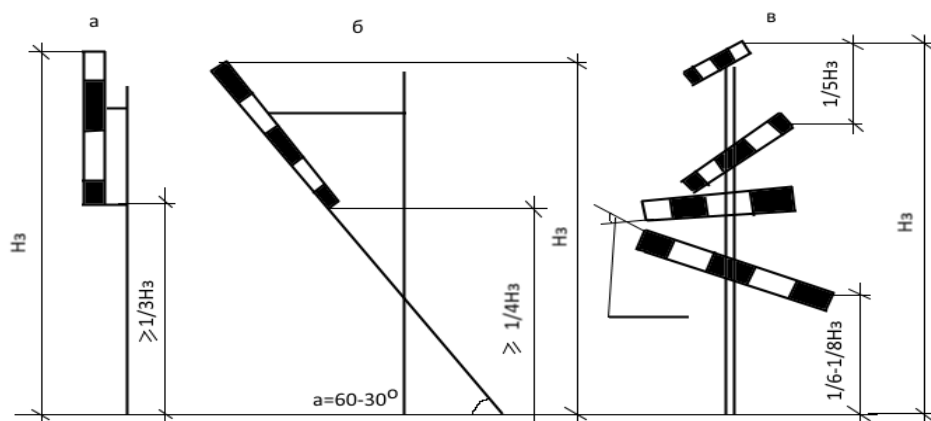


Рисунок 9.11 – Конструкции снегопередающих сооружений: а – забор с вертикальным щитом; б – забор с наклонной поверхностью; в – ветронаправляющая панель двойного действия.

Снегопередающие сооружения целесообразно применять в стесненных условиях. При особо опасных объемах снегопереноса. Плюсы: защита в особо сложных условиях. Минусы: высокая заносимость дорог при смене направлений ветра. Сложность и ручная работа при монтаже.

Для защиты от снега принимаем однорядный забор высотой 4,9 м.

9.3 Очистка дорог от снега

Патрульная снегоочистка. Патрульная снегоочистка – систематический проезд снегоочистителей в течении снегопада или метели. Не допускается задержка уборки снега. К снегоочистке следует приступать с момента начала снегопада или метели и проводить на возможно больших скоростях (не менее 35 км/ч), что увеличивает дальность отбрасывания без дополнительных затрат. Скорость снегоочистителя зависит от толщины слоя снега: при 0,1 м – 60 км/ч; 0,2 м – 45 км/ч ; 0,3 м – 35 км/ч.

Для повышения производительности рекомендуется принимать поточный метод производства работ.

Схему снегоочистки выбирают исходя из минимизации расстояния перемещения снега и направления ветра рис. 13. Рис 9.12 а) – Одноотвальными очистителями в период снегопадов, снег перемещают от оси к обочине, а плужными и двухотвальными механизмами прокладывают пионерные траншеи. Рис 9.12 б) – При метелях или сильном боковом ветре очистка начинается от наветренной кромки. Рис 9.12 в) – Рекомендуемая схема очистки, с формированием снежного вала на разделительной полосе или по оси дороги, при обязательном немедленном удалении вала роторным очистителем.

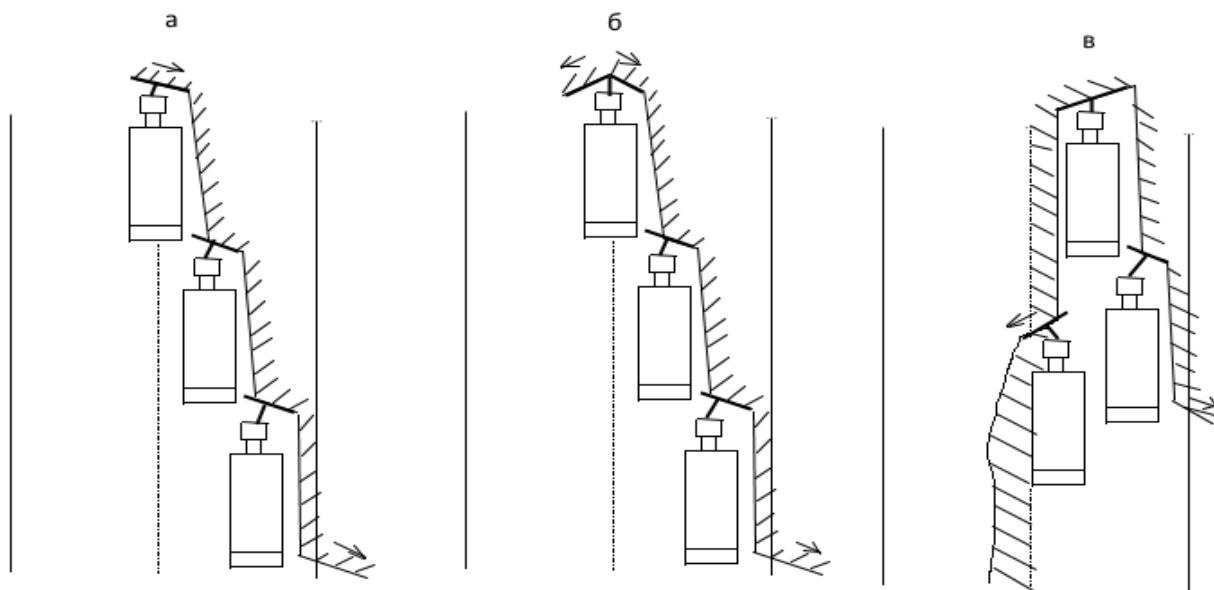


Рисунок 9.12 – Схемы патрульной снегоочистки

При формировании отряда и плужным снегоочистителям количество необходимых машин можно определить по формуле:

$$N_b = \frac{2ln}{V_p K_u t_u} = \frac{2 \cdot 4,288 \cdot 4}{35 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 1,75 \approx 2, \quad (9.9)$$

где l - длина обслуживаемого участка, км;

$$n = n = \frac{B}{b-c} = \frac{7}{2,7-0,5} = 3,18 \approx 4 - \text{число проходов снегоочистителей}$$

необходимых для полной уборки снега с половины ширины верха земляного полотна и с учетом перекрытия снега 0,5 м;

B – ширина верха покрытия дороги;

b - ширина рабочего органа плужного снегоочистителя ТЕХО-2700(на базе автомобиля МАЗ-5516), м ;

V_p – рабочая скорость снегоочистителя, км/ч;

K_u – коэффициент загрузки машин;

t_u - время между проходами плужных снегоочистителей.

При расчистке снежных заносов применяется весь комплекс снегоочистительных машин плужные вместе с роторными (автогрейдеры, бульдозеры) Работы ведутся косыми прямолинейными смещениями рис. 9.13 от оси дороги в обе стороны. Недостатком такого способа является образование снежных валов, что резко уменьшает продуваемость дорог.

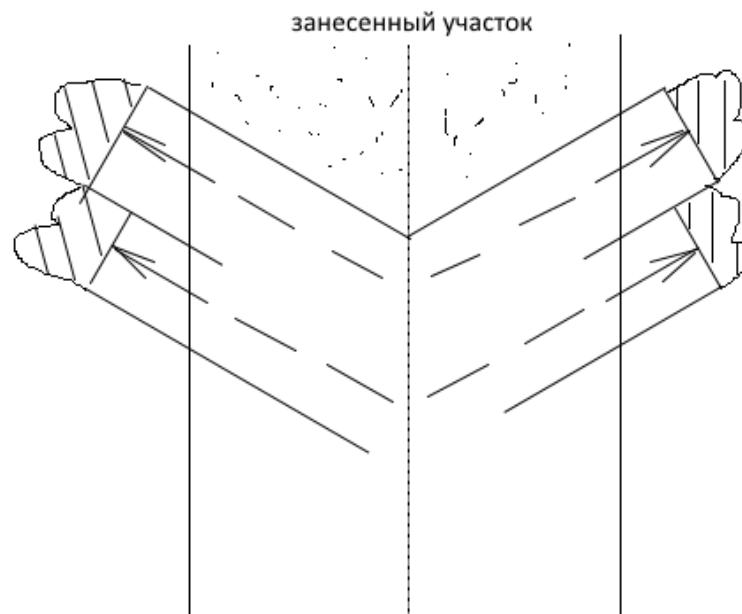


Рисунок 9.13 – Схема расчистки снежных заносов

9.4 Борьба с зимней скользкостью

Виды зимней скользкости:

- Снежно ледяной накат (твердый снег) – наиболее распространенный вид отложений на проезжей части. При высокой интенсивности движения плотность снежного слоя быстро увеличивается. Коэффициент сцепления наката с колесом автомобиля 0,18-0,22.
- Гололедица (стекловидный, зернистый лед) – наиболее опасный вид скользкости. Коэффициент сцепления падает до 0,1-0,15. Гололедица представляет собой корку чистого или с включением пузырьков воздуха льда толщиной до 3 мм. Образуется при замерзании на поверхности проезжей части дождевой или талой воды в переходные периоды года.

Наиболее низкие коэффициенты сцепления покрытия наблюдаются при свежевыпавшем слое снега по гололедице.

Способы борьбы с зимней скользкостью:

- Механический способ – разрушение корки льда или наката срезкой, скалыванием и удалением за пределы обочины. Из-за отсутствия высокопроизводительных специальных машин этот способ не получил широкого распространения.
- Фрикционный (разновидность механического) – Распределение мелких каменных материалов, отходов промышленного производства по поверхности наката. Такие меры только временно повышают коэффициент сцепления.
- Тепловой способ – применяется в двух вариантах: конвективного и кондуктивного воздействия. Конвективный основан на обогревании покрытия

теплой струей от авиационной турбины. Из-за большого расхода топлива весьма дорог. К тому же резкий перепад температур отрицательно влияет на органические вяжущие что приводит к быстрому разрушению верхних слоев дорожных одежд. Кондуктивный основа на теплопереносе от заложенных в покрытие системы трубопроводов с теплоносителем или электрических тен. Требуют сложной конструкции, дополнительные расходы на энергетические ресурсы.

- Химический способ – основан на свойствах некоторых реагентов (в основном солей) плавить лед при значительных интервалах отрицательных температур. Соли могут использоваться в твердом виде или в виде концентрированных растворов. Запрещается использовать соли серной кислоты. Наибольшее распространение получили соли соляной кислоты. Берем $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ (75:25).

Плавящая способность:

$$Q_{\text{л}} = A_{\text{x}} \cdot T^b. \quad (9.10)$$

Плавящая способность при средней температуре -18°C :

$$Q_{\text{л}} = 2,09 \cdot 5^{0,25} = 3,13 .$$

При средней температуре -6°C :

$$Q_{\text{л}} = 4,9 \cdot 5^{0,31} = 8,07 .$$

где A_{x} – коэффициент, принятый в зависимости от вида хлорида;

b – коэффициент, принятый в зависимости от средней температуры воздуха в течение срока очистки(-18°C);

T – срок очистки.

На один раз норму россыпи можно вычислить по формуле:

$$Q_{\text{x}} = \frac{10^4 \rho_{\text{л}} h_{\text{л}} K_{\text{м}}}{Q_{\text{л}}}. \quad (9.11)$$

где $\rho_{\text{л}}$ – плотность льда, г/см^3 ;

$h_{\text{л}}$ – толщина ледяной корки, см;

$K_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное механическое разрушение.

Для наката:

$$Q_x = \frac{10^4 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 1}{3,13} = 958,47 \text{ Г/м}^2 .$$

Для гололедицы:

$$Q_x = \frac{10^4 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 1}{8,07} = 260,22 \text{ Г/м}^2 .$$

- Комбинированные – фрикционный с тепловым и фрикционный с химическим. В первом случае материалы нагреваются и втапливаются в поверхность наката. Во втором фрикционный материал втапливается за счет плавящих свойств солей. Норма добавки песка:

$$Q_{\Pi} = \frac{500 \rho_{\Pi}}{g_{\Pi}} . \quad (9.12)$$

Для гололедицы:

$$Q_{\Pi} = \frac{500 \cdot 0,7}{8,07} = 43,37 \text{ Г/м}^2 .$$

Норма добавки песка для наката:

$$Q_{\Pi} = \frac{500 \cdot 0,6}{3,13} = 95,85 \text{ Г/м}^2 .$$

При разработке мероприятий по борьбе с зимней скользкостью на схеме зимнего содержания выделяются участки первоочередной борьбы со скользкостью. К таким участкам относятся участки с плохой видимостью, крутыми уклонами, и кривыми малого радиуса, пересечения в одном уровне, участки дорог в населенных пунктах, зоны автобусных остановок, искусственные сооружения и подходы к ним.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была запроектирована дорога III категории в Кош-Агачском районе. Трасса проходит в условиях снегозаносимости, это учитывалось при проектировании. Были приняты во внимание: руководящая отметка для условий снегонезаносимости, типы поперечных профилей по заносимости. Были разработаны различные мероприятия по защите дорог от снежных заносов и выбран вариант – снегосдерживающий забор, который справляется с объемами снегопереноса в данном районе. Так же были рассмотрены мероприятия по расчистке дорог от снега и методы борьбы с зимней скользкостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 109 с.
3. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. Введ. 01.05.2006 Москва: Стандартинформ, 2006. 3 с.
4. Зимнее содержание автомобильных дорог: Методические указания к курсовой работе для студентов специальности 291000 – «Автомобильные дороги и аэродромы». – Красноярск: КрасГАСА, 2000. – 36с
5. Жуков В.И. Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки дорог: учеб. Пособие. КрасГАСА – Красноярск 2002 г. – 56с.
6. ОДН 218.046-01. Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд. М., 2001. 99 с.
7. ГОСТ 9128-09. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Госстрой, 2009.
8. ГОСТ 21.1701-97 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – Москва, Стандартинформ, 1998. – 30 с.
9. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. - М., 1989.
10. ОДМ 218.5.001.Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега. - М., 2008.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ведомость отметок рельефа вариантов трасс

Таблица А.1 – Ведомость отметок рельефа первого варианта трассы

Местоположение точки		Отметка, м	Вид точки
ПК	+		
0	00	152,50	НТ
1	00	154,86	ПК
1	78	157,11	НЗ
2	00	157,87	ПК
2	98	158,27	НKK
3	00	158,13	ПК
4	00	155,12	ПК
5	00	152,93	ПК
6	00	151,06	ПК
6	27	150,62	Грунт. дорога
7	00	149,17	ПК
8	00	146,85	ПК
8	50	146,45	Труба
8	74	146,26	Грунт. дорога
9	00	147,17	ПК
9	53	147,87	KKK
10	00	148,38	ПК
10	73	149,54	КЗ
11	00	149,98	ПК
11	01	149,99	Дорога IV кат.
12	00	149,18	ПК
13	00	150,00	ПК
14	00	152,13	ПК
15	00	146,20	ПК
16	00	141,20	ПК
16	38	140,00	Горизонталь
16	50	139,40	Река
16	61	140,00	Горизонталь
17	00	142,65	ПК
18	00	142,94	ПК
19	00	146,16	ПК
20	00	146,63	ПК
20	28	146,48	НЗ
21	00	148,17	ПК
21	48	150,00	НKK
22	00	151,09	ПК
23	00	153,82	ПК
23	18	154,34	Грунт. дорога
24	00	149,81	ПК
25	00	144,76	ПК

Продолжение таблицы А.1

Местоположение точки		Отметка, м	Вид точки
ПК	+		
26	00	140,00	ПК
26	25	138,25	Грунт. дорога
26	35	137,50	ККК
26	70	135,00	Горизонталь
26	77	133,00	Река
27	00	133,69	ПК
27	17	135,00	Горизонталь
27	48	137,50	Горизонталь
27	55	138,32	КЗ
28	00	140,54	ПК
29	00	142,91	ПК, Дорога IV кат.
30	00	144,80	ПК
31	00	146,91	ПК
31	55	148,63	НЗ
32	00	150,54	ПК
32	75	154,68	НКК
33	00	156,06	ПК
33	23	156,34	ККК
33	42	157,03	Лесная дорога
34	00	156,24	ПК
34	27	155,00	Горизонталь
34	43	154,01	КЗ
34	70	154,60	Труба
34	88	155,00	Горизонталь
35	00	155,56	ПК
36	00	159,72	ПК
37	00	163,20	ПК
38	00	163,99	ПК
39	00	160,52	ПК
39	90	158,00	Труба
40	00	157,72	ПК
41	00	161,38	ПК
42	00	159,93	ПК
43	00	158,55	ПК
44	00	158,23	ПК
44	03	158,32	КТ

Таблица А.2 - Ведомость отметок рельефа второго варианта трассы

Местоположение точки		Отметка, м	Вид точки
ПК	+		
0	00	152,50	НТ
1	00	154,86	ПК
2	00	156,21	ПК
2	17	156,29	НЗ
3	00	155,74	ПК
3	37	155,42	НКК
4	00	154,67	ПК
5	00	152,88	ПК
5	87	150,27	Грунт. дорога
6	00	149,98	ПК
7	00	150,97	ПК
7	42	151,50	ККК
7	72	152,06	Грунт. дорога
8	00	152,79	ПК
8	62	154,08	КЗ
8	82	154,14	Дорога IV кат.
9	00	154,11	ПК
10	00	153,49	ПК
11	00	153,35	ПК
12	00	152,26	ПК
13	00	149,03	ПК
14	00	144,81	ПК
14	27	142,00	Река
14	54	145,00	Горизонталь
15	00	146,94	ПК
15	33	148,32	Грунт. дорога
16	00	150,32	ПК
16	66	150,75	НЗ
17	00	150,00	ПК
17	66	149,32	НКК
18	00	149,51	ПК
19	00	152,21	ПК
19	73	151,20	Грунт. дорога
20	00	150,41	ПК
21	00	151,48	ПК
21	39	153,49	Грунт. дорога
22	00	155,65	ПК
23	00	150,34	ПК
24	00	144,28	ПК
25	00	137,89	ПК

Продолжение таблицы А.2

Местоположение точки		Отметка, м	Вид точки
ПК	+		
25	21	136,39	ККК
25	31	135,69	Грунт. дорога
25	39	135,00	Горизонталь
25	95	130,00	Река
26	00	131,50	ПК
26	21	133,15	КЗ
26	46	135,00	Горизонталь
26	79	137,50	Горизонталь
27	00	139,30	ПК
27	76	141,35	Дорога IV кат.
28	00	142,15	ПК
29	00	147,78	ПК
30	00	153,11	ПК
31	00	157,50	ПК
32	00	161,64	ПК
33	00	164,76	ПК
33	53	164,26	Лесная дорога
34	00	162,79	ПК
35	00	166,61	ПК
36	00	169,06	ПК
37	00	166,21	ПК
38	00	161,53	ПК
38	60	160,132	Труба
39	00	159,20	ПК
40	00	164,33	ПК
41	00	160,53	ПК
42	00	158,71	ПК
42	88	158,32	КТ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Определение руководящих отметок и контрольных точек

По условию увлажнения верхней толщи грунтов, различают три типа местности. Первый тип – сухие участки, на которых сток воды обеспечен (уклон более 5 ‰). Второй тип – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года (не более 30 суток). Третий тип – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением (более 30 суток).

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению назначается из условия снегонезаносимости дороги.

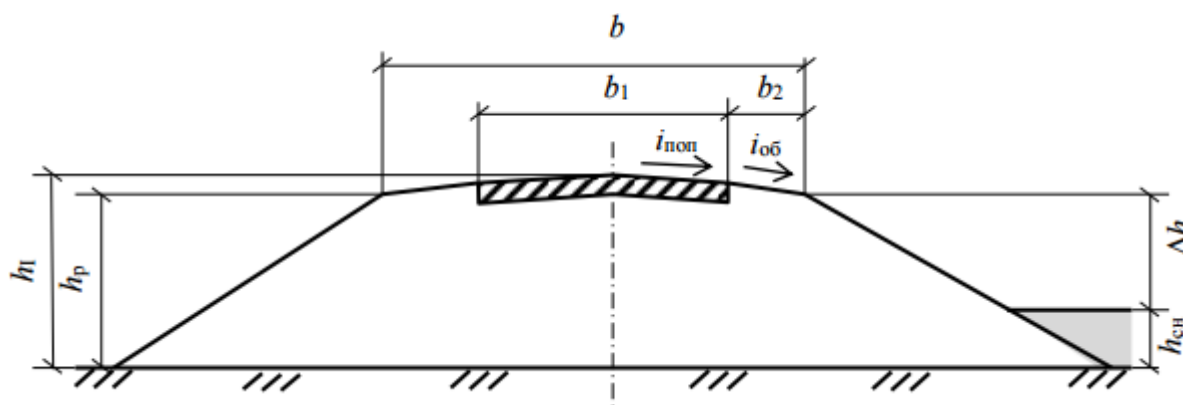


Рисунок Б.1 - Определение руководящей отметки для первого типа местности по увлажнению

$$h_p = h_{сн} + \Delta h ; \quad (Б.1)$$

где $h_{сн}$ - расчетная толщина снежного покрова, м;

$\Delta h = 0,6$ - возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова для III категории дороги, м.

Полученную отметку необходимо перевести в руководящую отметку для линии проектируемой поверхности дорожного покрытия по оси дороги. Тогда руководящая отметка вычисляется по формуле:

$$h_l = h_p + i_{об} \cdot b_2 + i_{поп} \cdot \frac{b_1}{2} ; \quad (Б.2)$$

где b_1 - ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2 краевых полос обочины), м;

b_2 - ширина обочины с вычетом краевой полосы, м;

$i_{об}$ - поперечный уклон неукрепленной части обочины;

$i_{поп}$ - поперечный уклон проезжей части.

Руководящую отметку для второго типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод.

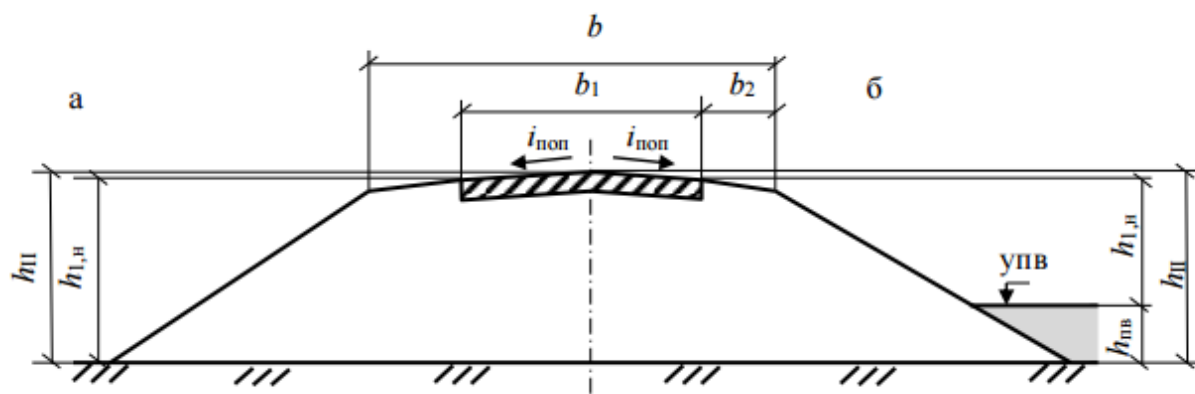


Рисунок Б.2 - Определение руководящей отметки для второго типа местности по увлажнению: а – при необеспеченном стоке от поверхности земли; б – при необеспеченном стоке временно стоящих поверхностных вод.

$$h_{II} = h_{1,н} + i_{\text{поп}} \cdot \frac{b_1}{2} ; \quad (\text{Б.3})$$

где $h_{1,н}$ - возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над поверхностью земли в зависимости от дорожно-климатической зоны (минимальное возвышение поверхности покрытия в I дорожно-климатической зоне устанавливают на основе теплотехнических расчетов, но не менее норм для II дорожно-климатической зоны) и грунта рабочего слоя, м.

При необеспеченном стоке временно стоящих вод (не более 30 суток) руководящая отметка вычисляется по формуле:

$$h_{II} = h_{1,н} + h_{\text{п.в.}} + i_{\text{поп}} \cdot \frac{b_1}{2} ; \quad (\text{Б.4})$$

где $h_{\text{п.в.}}$ - толщина слоя воды над поверхностью земли, м.

Руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток.

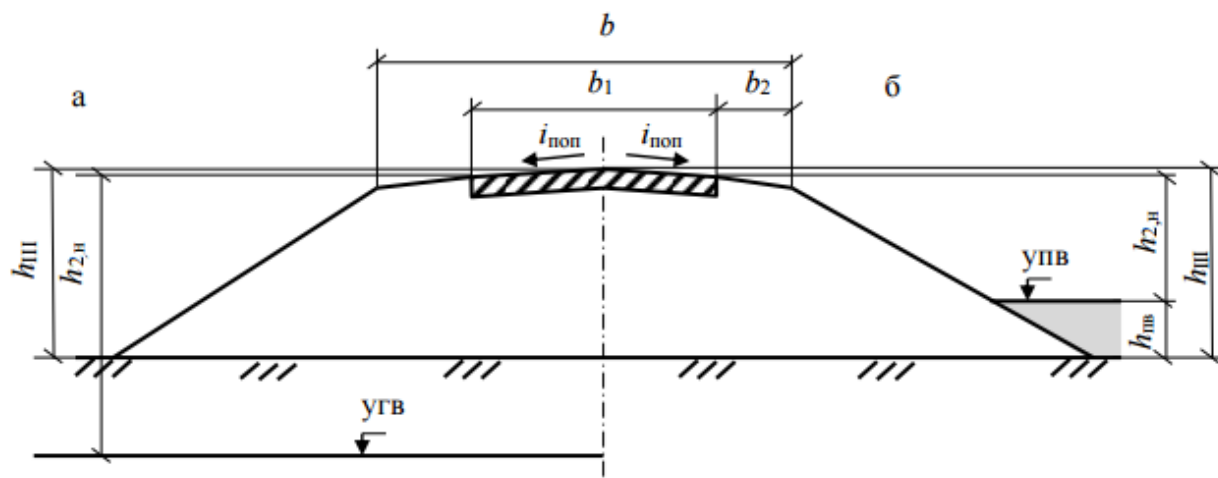


Рисунок Б.3 - Определение руководящей отметки для третьего типа местности по увлажнению: а – высоком стоянии грунтовых вод; б – при необеспеченном стоке поверхностных вод

При необеспеченном стоке поверхностных вод, стоящих более 30 суток, руководящая отметка для построения проектной линии продольного профиля по оси дороги определяется по формуле:

$$h_{III} = h_{2,н} + h_{п.в.} + i_{поп} \cdot \frac{b_1}{2} ; \quad (Б.5)$$

где $h_{2,н}$ - возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над поверхностью земли в зависимости от дорожно-климатической зоны (минимальное возвышение поверхности покрытия в I дорожно-климатической зоне устанавливают на основе теплотехнических расчетов, но не менее норм для II дорожно-климатической зоны) и грунта рабочего слоя, м.

В случае высокого стояния грунтовых вод руководящая отметка вычисляется следующим образом:

$$h_{III} = h_{2,н} - h_{г.в.} + i_{поп} \cdot \frac{b_1}{2} ; \quad (Б.6)$$

где $h_{г.в.}$ - расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод, м.

По формуле Б.1:

$$h_p = 0,6 + 0,48 = 1,08 \text{ м} .$$

По формуле Б.2:

$$h_I = 1,08 + 0,04 \cdot 2 + 0,015 \cdot \frac{2 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,5}{2} = 1,22 \text{ м} .$$

По формуле Б.3:

$$h_{II} = 0,9 + 0,015 \cdot \frac{2 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,5}{2} = 0,96 \text{ м} .$$

К контрольным точкам проектной линии относятся следующие: начало и конец трассы; отметки проезжей части мостов и путепроводов; минимальные отметки насыпи над трубами; отметки головки рельса железной дороги и отметки осей проезжих частей существующих автомобильных дорог на пересечениях в одном уровне с проектируемой дорогой; отметки поверхности болота.

Минимально допустимые отметки над трубами и мостами являются контрольными точками, ограничивающими положение проектной линии снизу:

$$H_{\text{тр}} = d + \Delta + \delta + h_{\text{до}} ; \quad (\text{Б.7})$$

где d – диаметр трубы, м;

δ – толщина стенки трубы, м;

Δ – толщина засыпки над трубой, м;

$h_{\text{до}}$ – толщина конструкции дорожной одежды, м.

$$H_{\text{мост}} = \Gamma + h_{\text{констр.}} + h_{\text{до}} ; \quad (\text{Б.8})$$

где Γ – подмостовой габарит, м;

$h_{\text{констр.}}$ – конструктивная высота пролетного строения, м.

По формуле Б.7:

$$H = 1,5 + 0,5 + 0,14 + 0,45 = 2,59 \text{ м} .$$

По формуле Б.8:

$$H = 1 + 1,23 + 0,45 = 2,68 \text{ м} .$$

Таблица Б.1 – Ведомость контрольных точек и руководящих отметок для первого варианта трассы

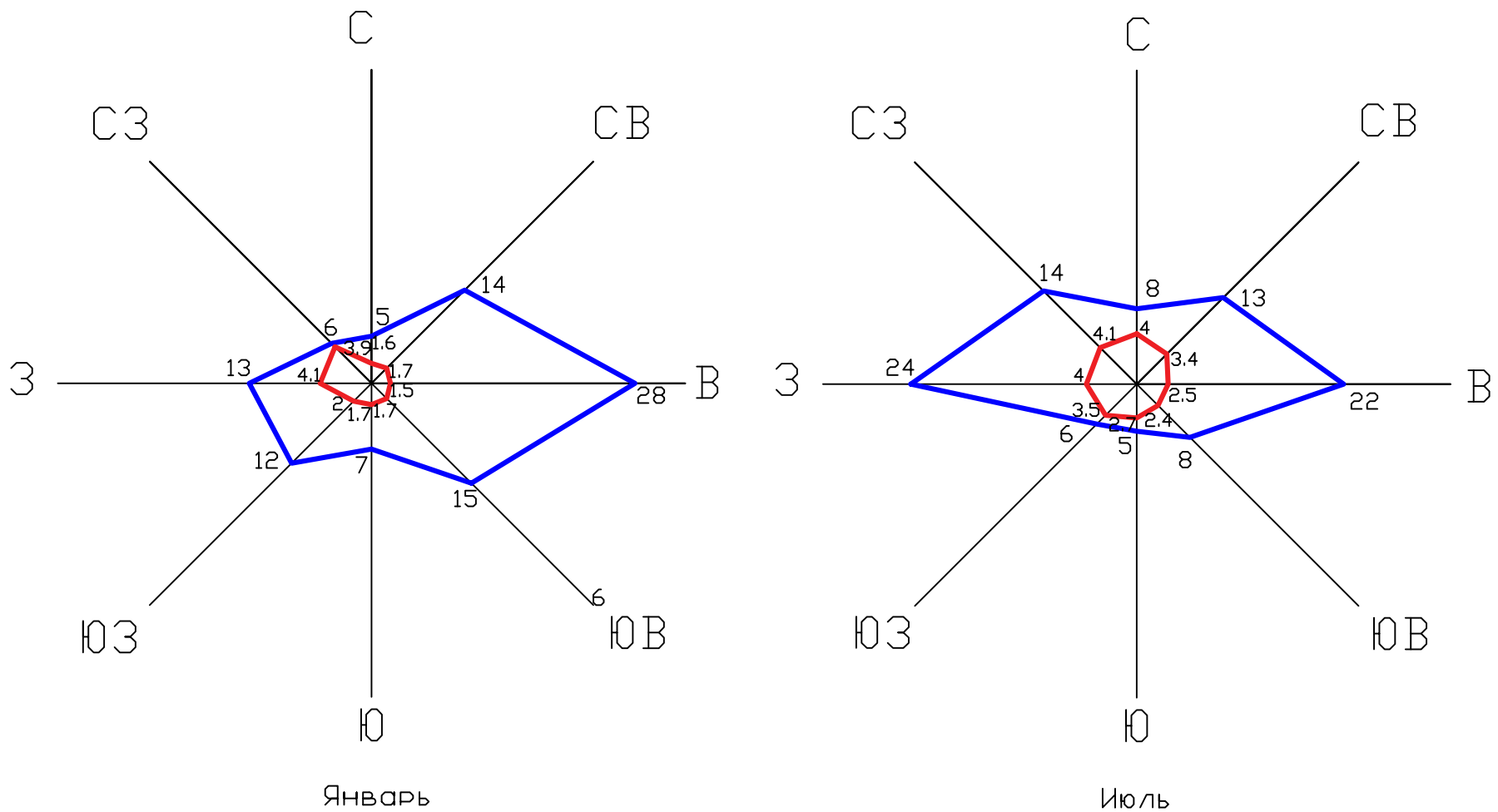
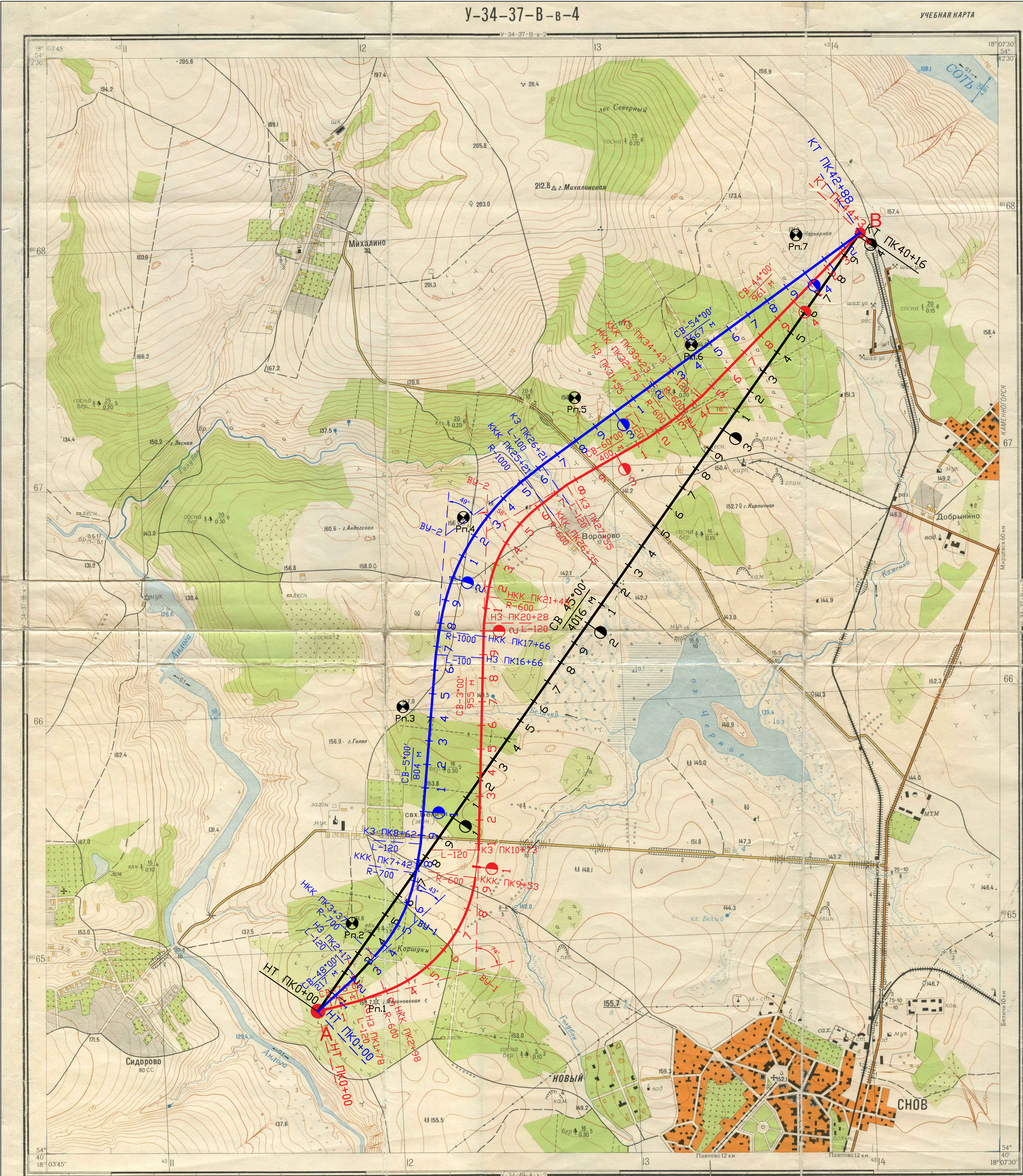
Местоположение точки		Отметка, м	Вид контрольной точки
ПК	+		
0	00	153,72	Начало трассы
8	50	149,04	Труба
11	01	149,99	Дорога IV кат.
16	50	142,08	Мост
26	77	135,68	Мост
29	00	142,91	Дорога IV кат.
34	70	157,19	Труба
39	90	160,59	Труба
44	03	159,28	Конец трассы

Таблица Б.2 – Ведомость контрольных точек и руководящих отметок для второго варианта трассы

Местоположение точки		Отметка, м	Вид контрольной точки
ПК	+		
0	00	153,72	Начало трассы
8	82	154,14	Дорога IV кат.
14	27	144,68	Мост
25	95	132,68	Мост
27	76	141,35	Дорога IV кат.
38	60	162,72	Труба
4	88	159,28	Конец трассы

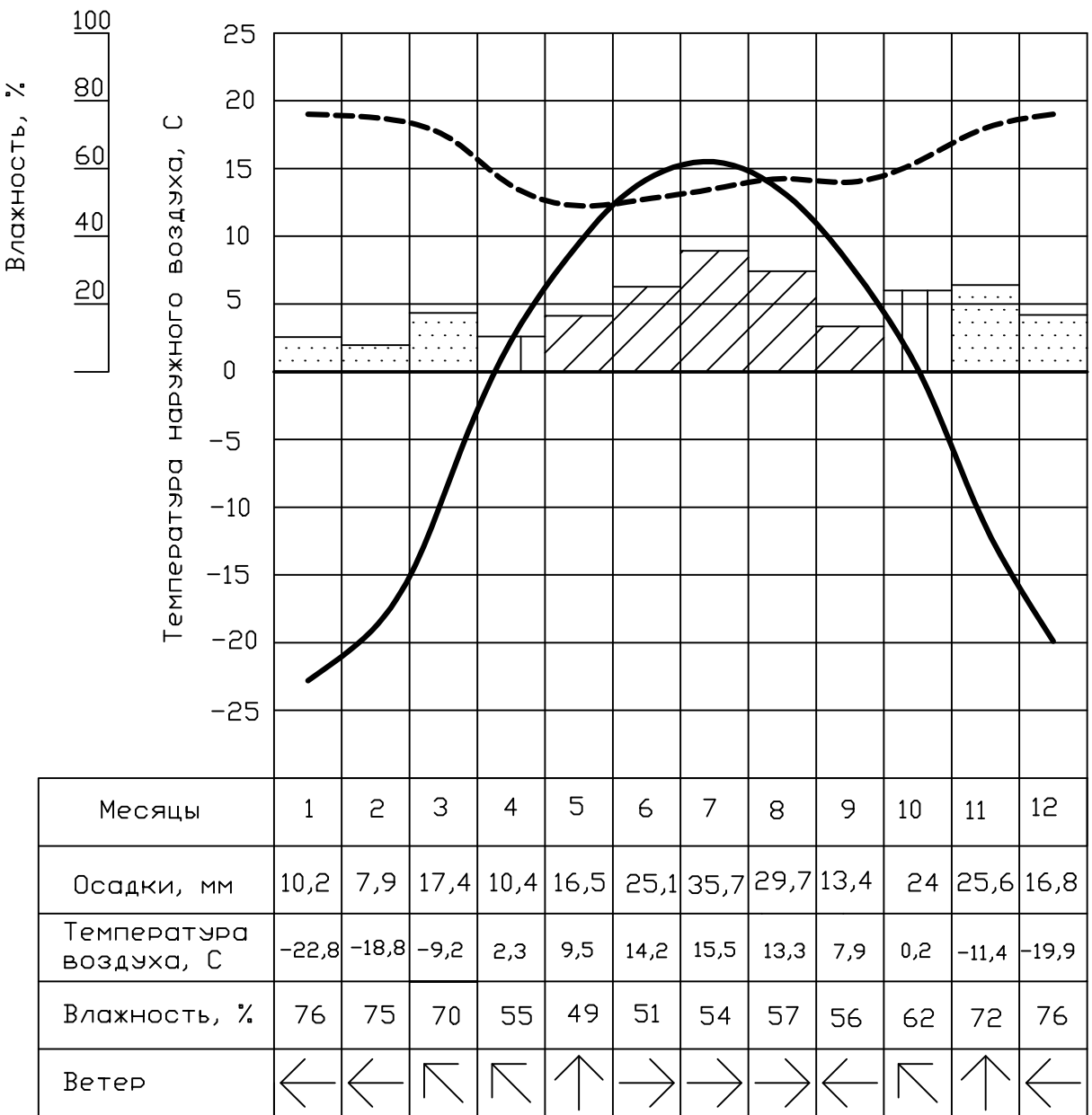
План трассы

Розы ветров



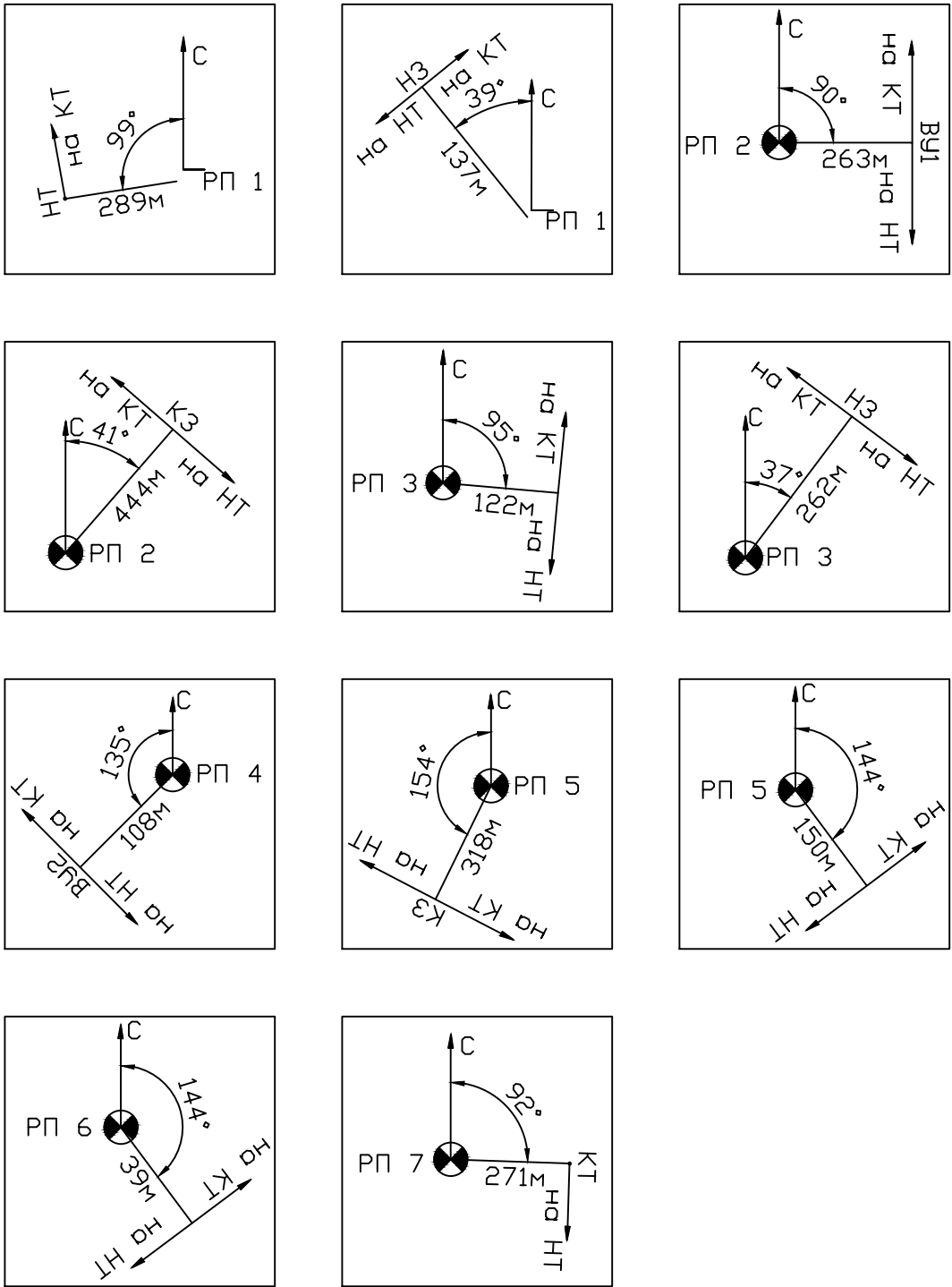
Скорость, м/с
Повторяемость, %

Дорожный климатический график



					ВКР-08.03.01.00.15-2016			
					ИСИ СФУ			
Изм.	К. ун.	Лист	Наим.	Подпись	Дата			
Разработчик			Составитель			Проект участка автомобильной дороги проходящей по снегозащитным участкам		Студия
Проверен			Анот.					Лист 1
								Листов 6
Зав. кафедрой			Секретарь			План трассы Розы ветров		Кафедра АДИС
Начальник			Федорова			Дорожный климатический график		

Привязка трассы



Ведомости углов поворота, прямых и кривых

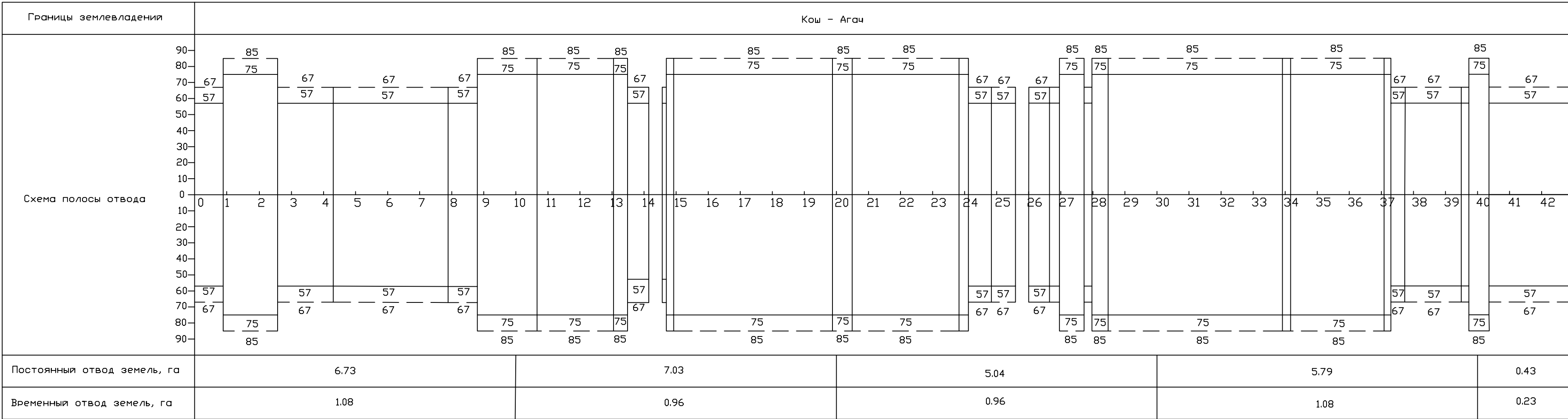
Первый вариант

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус, м	Элементы кривой, м						Положение переходных кривых						Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м	Σ
	км	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	кругов. кривая	бис.	начало									
												ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК			
НТ	0	0	00																690	178	
ВУ-1	0	6	90	74°		600	511,92	511,92	120	120	654,53	152,1	1	78	2	98	9	53	10	73	
ВУ-2	2	4	21		58°	600	392,48	392,48	120	120	487,07	86,91	20	78	21	48	26	35	27	55	1859,4
ВУ-3	3	3	00	16°		600	144,38	144,38	120	120	47,47	6,89	31	55	32	75	33	23	34	43	936,86
КТ	4	4	04																		1105,35
																				58-74+16=44-76 ; -32=-32	
																				953,11-298,58=654,53	
																				2635,58-2148,52=487,07	
																				3323,09-3275,62=47,47	

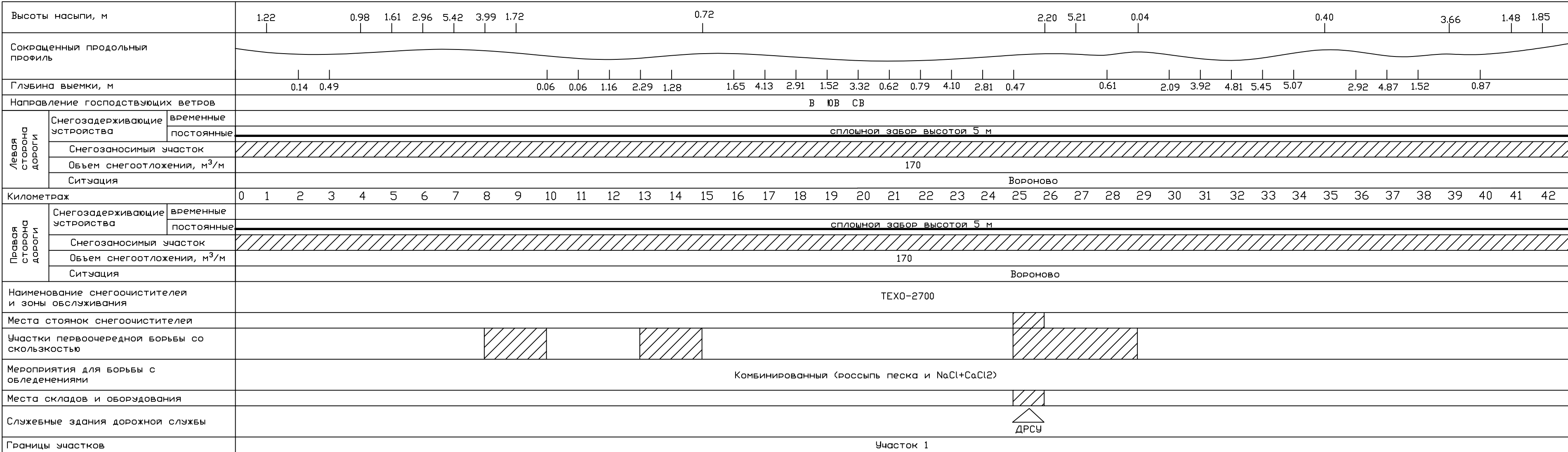
Второй вариант

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		x Радиус, м	Элементы кривой, м					Положение переходных кривых						Расстояние между вершинами угла, м	x Длина прямой, м	
	км	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	кругов. кривая	бис.	начало								
												ПК	+	ПК	+	ПК	+			ПК
НТ	0	0	00															555	217	
ВУ-1	0	5	55	43°		700	335,66	335,66	120	120	405,08	53,15	2	17	3	37	7	42	8	62
ВУ-2	2	1	72		49°	1000	505,49	505,49	100	100	754,78	99,26	16	66	17	66	25	21	26	21
ВУ-3	4	2	88															2172,49	1667	
																			49-43=54-48 ; 6=6	
																			742,42-337,34=405,08	
																			2521,29-1766,51=754,78	

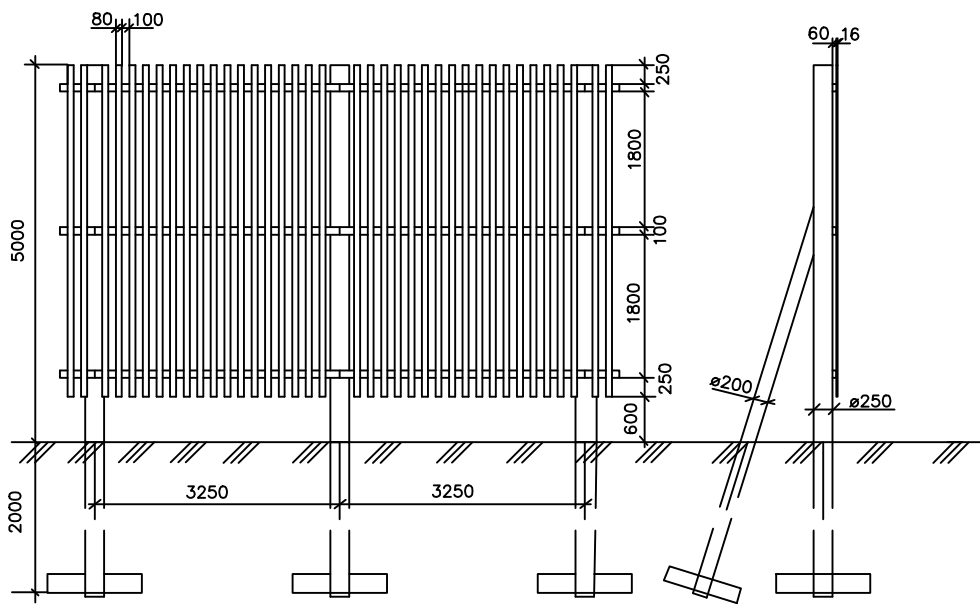
График занимаемых земель



Организация зимнего содержания

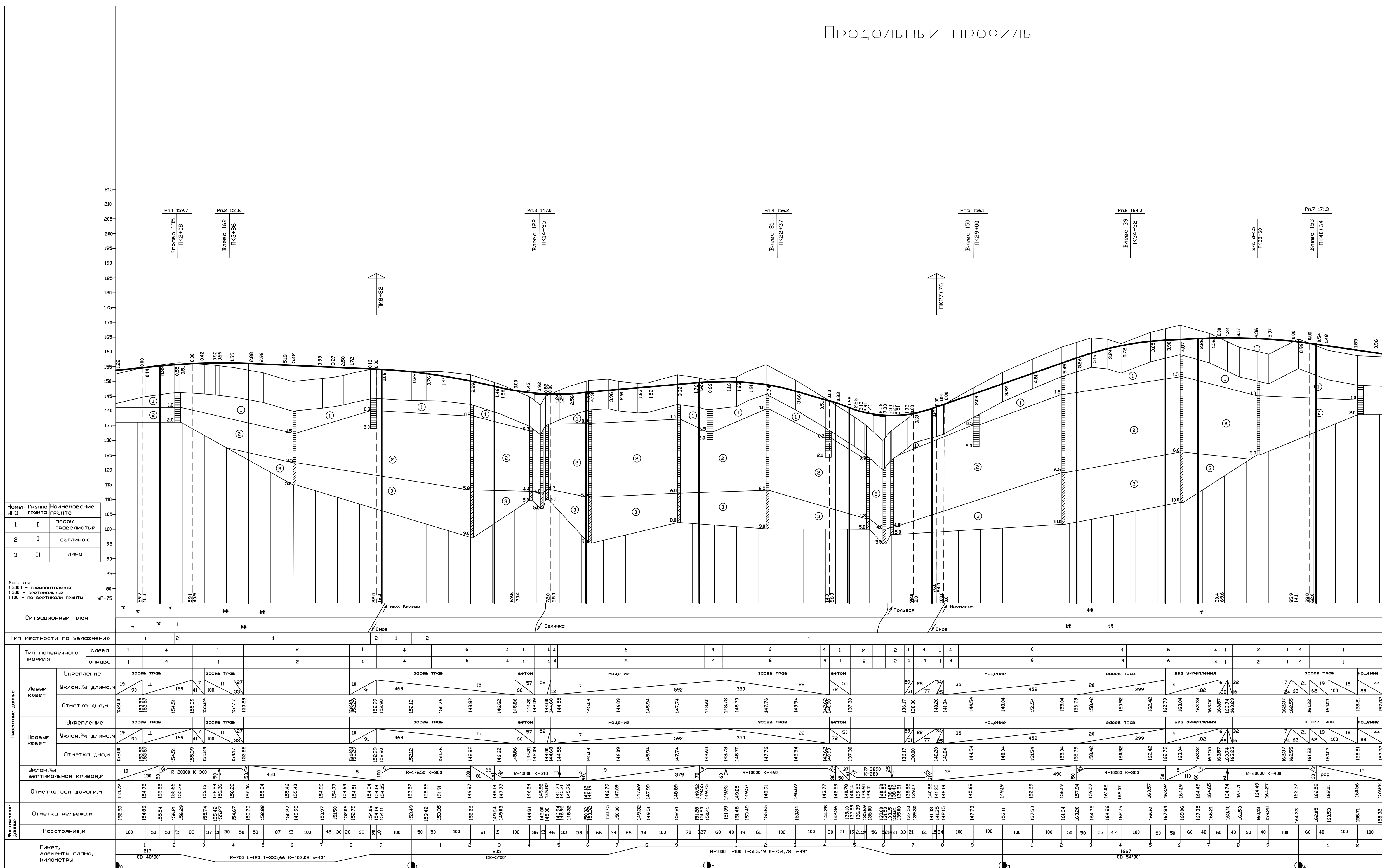


Конструкция снегосдерживающего забора

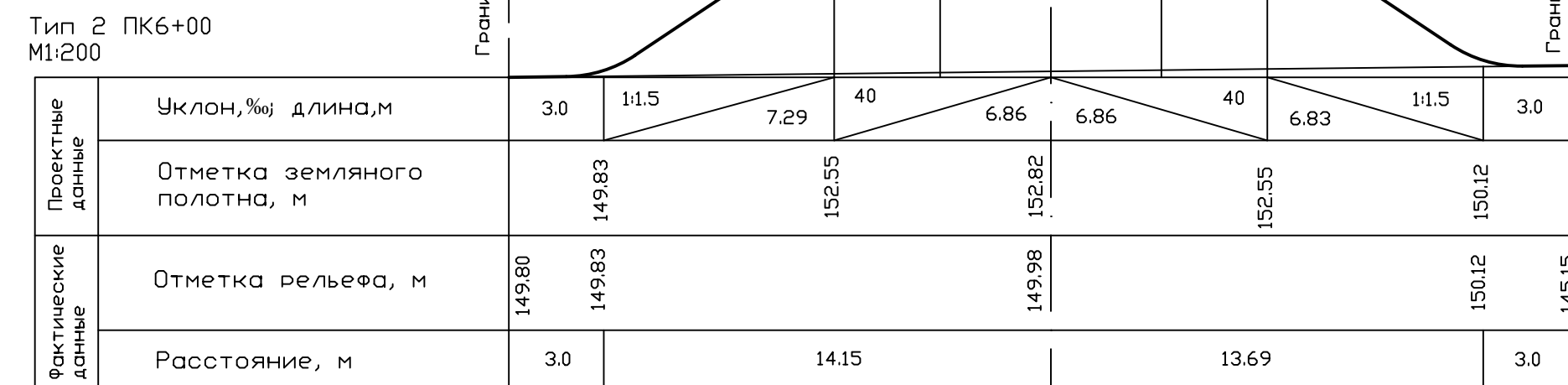
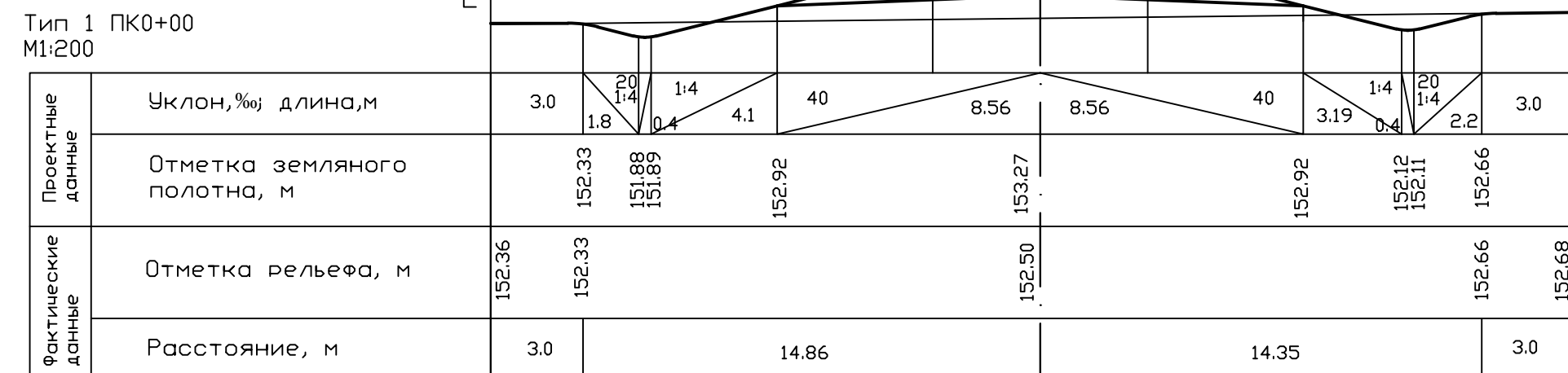
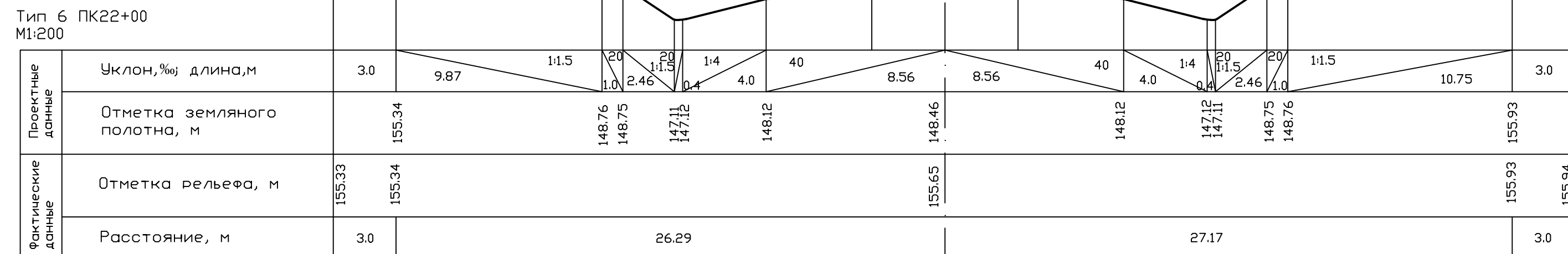
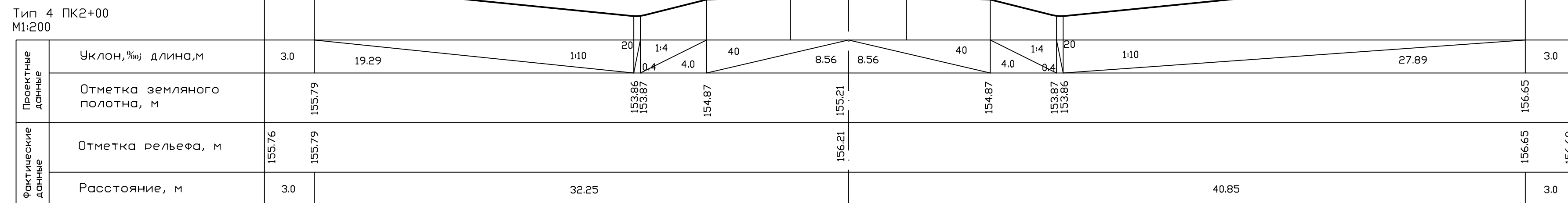


					ВКР-08.03.01.00.15-2016					
					ИСИ СФУ					
Изм.	К.	уч.	Лист	НдоК.	Подпись	Дата				
Разработ.			Снабляющая				Проект участка автомобильной дороги проходящей по снегозапасным участкам	Стация	Лист	Листов
Проверил			Янаев						2	6
Заказчики			Севастопольский				Понявко трассы Ведомости углов поворота Правки занимаемых земель Организация зимнего содержания Конструкция забора	Кафедра АДПГС		
Исполнители			Федорова							

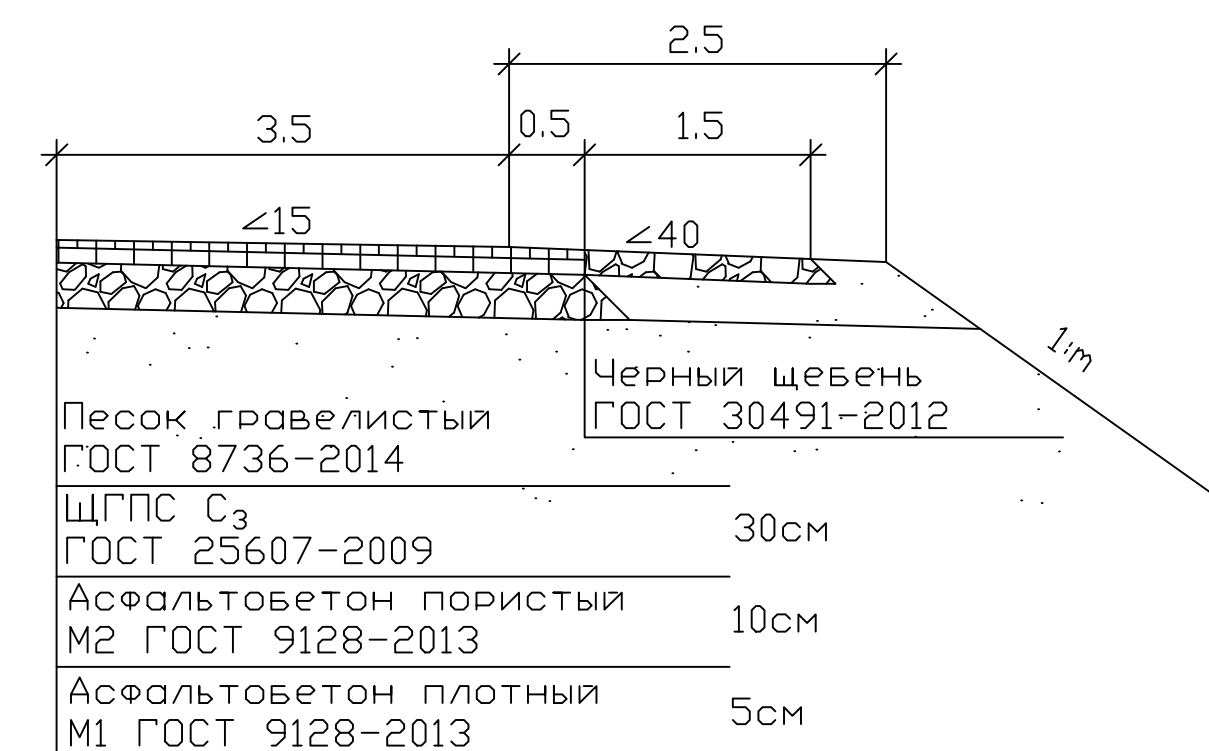
Продольный профиль

[illegible]

Поперечные профили



Конструкция дорожной одежды



Привязка поперечных профилей

Тип поперечного профиля		Местоположение		Расстояние, м
слева	справа	от ПК	до ПК	
1	1	0	0+90	90
4	4	0+90	2+59	169
1	1	2+59	4+33	174
2	2	4+33	7+91	358
1	1	7+91	8+82	91
4	4	8+82	10+68	186
6	6	10+68	13+07	239
4	4	13+07	13+51	44
1	1	13+51	14+17	66
1	1	14+59	14+72	13
4	4	14+72	14+95	23
6	6	14+95	19+90	495
4	4	19+90	20+51	61
6	6	20+51	23+85	334
4	4	23+85	24+14	29
1	1	24+14	24+86	72
2	2	24+86	25+61	75
2	2	26+02	26+67	64
1	1	26+67	26+98	31
4	4	26+98	27+75	77
1	1	27+75	27+99	24
4	4	27+99	28+50	51
6	6	28+50	33+94	544
4	4	33+94	34+19	25
6	6	34+19	37+11	292
4	4	37+11	37+32	21
1	1	37+32	37+77	45
2	2	37+77	39+51	174
1	1	39+51	39+75	24
4	4	39+75	40+38	63
1	1	40+38	42+88	250

						ВКР-08.03.01.00.15-2016		
						ИСИ СФУ		
Изм.	К.	уч.	Лист	Наок.	Подпись	Дата		
Разов.			Счастливцев				Проект участка автомобильной дороги проходящего по снеготаянсыим участкам	Стадия
Проверил			Янаев					Лист
								Листов
								6
								6
Зав.кафедры			Серватинский				Поперечные профили	Кафедра АДИнС
Контроль			Федорова					